Handbuch der Technischen Mykologie

herausg. von F. Lafar

Fünfter Band: Mykologie der Brauerei, Brennerei, Weinbereitung, Obstverwertung, Essigfabrikation, Gerberei und Tabakfabrikation.



Jena, Verlag von Gustav Fischer
1914




Books
COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE



Handbuch

der

Technischen Mykologie

für technische Chemiker, Nahrungsmittelchemiker, Gärungstechniker, Agrikulturchemiker, Landwirte, Kulturingenieure, Forstwirte und Pharmaceuten

unter Mitwirkung hervorragender Fachgenossen

herausgegeben von

Dr. FRANZ LAFAR,

o. ö. Professor der Gärungsphysiologie und Bakteriologie
an der k. k. Technischen Hochschule zu Wien.

In 5 Bänden.

(Zweite, wesentlich erweiterte Auflage von LAFAR, Technische Mykologie.)

Fünfter Band.

Mykologie der Brauerei, Brennerei, Weinbereitung, Obstverwertung, Essigfabrikation, Gerberei und Tabakfabrikation.



Jena,
Verlag von Gustav Fischer.
1905—1914.

Handbuch

der

Technischen Mykologie.

Fünfter Band.

Mykologie der Brauerei, Brennerei, Weinbereitung, Obstverwertung, Essigfabrikation, Gerberei und Tabakfabrikation.

Unter Mitwirkung der Herren

Dr. **G. Barth** in München. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **J. Behrens** in Dahlem bei Berlin, Prof. Dr. **J. Brand** in München, Reg.-Rat **W. Eitner** in Wien, Ingenieur **J. Hašek** in Prag, **J. Chr. Holm** in Kopenhagen, Lab.-Vorstand **Alb. Klöcker** in Kopenhagen, Prof. Dr. **K. Kroemer** in Geisenheim a. Rh., Prof. **K. Kruis** in Prag, Dr. **W. Kues** in Wien, Prof. Dr. **H. van Laer** in Brüssel, Prof. Dr. **P. Lindner** in Berlin, Prof. Dr. **H. Müller-Thurgau** in Wädenswil, Dr. **W. Omelianski** in St. Petersburg, **Albert Reichard** in München, Prof. Dr. **C. Wehmer** in Hannover, Dr. **H. Wichmann** in Wien, Prof. Dr. **H. Will** in München

herausgegeben von

Dr. FRANZ LAFAR,

o. ö. Professor der Gärungsphysiologie und Bakteriologie
an der k. k. Technischen Hochschule zu Wien.

Mit einer Tafel und 30 Abbildungen im Text.



Jena,

Verlag von Gustav Fischer.

1905—1914.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

Mykologie der Tabakfabrikation und der Gerberei.

Zweiter Abschnitt.

Mykologie der Haltbarmachung des Obstes.

Von Prof. Dr. H. Müller-Thurgau.

Dritter Abschnitt.

Mykologie des Brauwesens.

Vierter Abschnitt.

Mykologie der Brennerei und Prefshefen-Fabrikation.

Fünfter Abschnitt.

Mykologie der Weinbereitung, einschließlich Beerenwein und Met.

Seite

14. Kapitel.

15. Kapitel.

16. Kapitel.

17. Kapitel.

18. Kapitel.

Sechster Abschnitt.

Die Essigsäuregärung. Der Abbau einiger organischer Säuren durch Spaltpilze.

19. Kapitel.

20. Kapitel.



Erster Abschnitt.

Mykologie der Tabakfabrikation und der Gerberei.

1. Kapitel.

Mykologie der Tabakfabrikation.

Von Prof. Dr. JOH. BEHRENS. 5

(*Manuskript-Einlauf: 1. Jan. 1904.*)

§ 1. Das Trocknen des Tabaks.

Wie alle Rohstoffe und Gegenstände organischer Natur, so ist auch der Tabak selbstverständlich dem Verderben durch Mikroorganismen ausgesetzt. Bei der großen Bedeutung, welche gerade der Tabak für Landwirtschaft, Handel und Gewerbe besitzt, und bei den großen 10 Werten, welche der Tabak repräsentiert, würde dies allein genügen, ihm eine selbständige Behandlung in einer technischen Mykologie zu sichern. Dazu kommt aber die noch weit mehr ins Gewicht fallende Tatsache, daß bei der Verarbeitung des Tabaks Gärungsvorgänge verschiedener Art eine ganz wesentliche Rolle spielen. Diese Tatsache rechtfertigt 15 es, wenn dem Tabak ein eigenes Kapitel zugewiesen wird, zumal bereits eine ziemlich reiche Literatur über die Rolle der Mikroorganismen im Tabakgewerbe vorliegt. Dieselbe ist bereits im Jahre 1896 einmal von BEHRENS (5) gesammelt worden.

Der reife Tabak wird bekanntlich am besten in eigens dafür ein- 20 gerichteten Räumen (Trockenschuppen) langsam und unter besonderen Kautelen getrocknet und so dem Stadium der Dachreife entgegengeführt. Bei uns werden im allgemeinen die Blätter allein geerntet, auf Schnüre gereiht, die durch die Basis der Rippe gezogen werden, und so aufgehängt. In Amerika, sowie in vielen tropischen Produktionsgebieten wird 25 vielfach die ganze Pflanze über der Wurzel abgeschnitten und dann verkehrt im Trockenraume aufgehängt. In jedem Falle leben die Blätter noch längere Zeit während des Hängens am Dache fort, und dementsprechend gehen in ihnen noch Stoffwechselprozesse vor sich, deren regelmäßiger Verlauf und volle Durchführung zur Erreichung 30 eines genügend dachreifen, qualitätsvollen Produktes notwendig sind. Es verschwindet die Stärke, die größtenteils veratmet wird; ein Teil der Eiweißstoffe wird zersetzt, und der Gehalt an Amiden steigt etc.

Außerdem wird die ursprünglich grüne Farbe in ein mehr oder weniger tiefes Braun verwandelt.

Vielfach wird der Tabak, bevor er zum Trocknen aufgehängt wird, noch einer vorbereitenden Behandlung, dem sog. **Schwitzenlassen,** 5 unterworfen [1]). Die etwas abgewelkten Blätter setzt man zu Haufen oder Bänken aufeinander, worauf bald eine Art Gärung eintritt, kenntlich an der Temperaturerhöhung und dem Auftreten eines eigentümlichen Geruches (NESSLER 1). Der Tabak soll dadurch mehr Reife erlangen und besser trocknen. Jedoch liegt die Gefahr nahe, daß er zu 10 heiß wird und verbrüht, schwarz wird. (Vgl. MÜLLER-THURGAU 1.

Die Temperaturerhöhung beruht, wie die Untersuchungen von BEHRENS (4) gelehrt haben, wenigstens in den ersten Stadien, nicht auf einem eigentlichen Gärungsvorgange, der durch Mikroorganismen hervorgebracht wäre, sondern auf der Atmung der lebenden Blätter. Bei 15 längerer Dauer des Schwitzenlassens und ungenügender Ueberwachung des Prozesses liegt die Gefahr nahe, daß die Blätter Not leiden, und daß jetzt sich Mikroorganismen auf ihnen entwickeln und sie zerstören. Diese Gefahr besteht natürlich ebenso, wenn die Blätter, auf Wagen aufgeschichtet, längere Zeit zum Transporte vom Felde zum Trocken- 20 raume gebrauchen. Bei Versuchen im kleinen stieg die Temperatur nie so hoch, daß dadurch allein die Blätter hätten getötet werden können. Das bei den Versuchen beobachtete Temperaturmaximum war 36 ° C. Da die Blätter doch abstarben, so müssen andere Ursachen daran schuld sein, wahrscheinlich die Kohlensäureanhäufung, da die auf- 25 tretenden Mikroorganismen, Bakterien der verschiedensten Art, bei speziell darauf gerichteten Infektionsversuchen nicht imstande waren, gesunde, grüne Tabakblätter anzugreifen. Diese Bakterien sind aerob und verwandeln die Blätter unter Mazerierung der Gewebe in eine faulige, halbflüssige Jauche, die überaus reich ist an kohlensaurem Am- 30 moniak. Der *Bacillus subtilis*, der nach COHN bei der Selbsterhitzung von Gras und feuchtem Heu wesentlich beteiligt ist, spielt in diesem Falle keine Rolle.

Während des Schwitzenlassens verschwindet die Stärke aus den Blättern, indem sie zum Teil veratmet wird, zum Teil in Zucker über- 35 geht. Der genannte Prozeß bewirkt also ähnliche Veränderungen, führt sie nur schneller und ohne Wasserverlust herbei, wie sie das Trocknen des Tabaks am Dache zum Zwecke hat. Inwiefern das Schwitzenlassen auf das Aroma wirkt, muß dahingestellt bleiben.

Wenn die Zeitdauer des Trocknens am Dach dementsprechend kürzer 40 ist, so erscheint das Schwitzenlassen als eine ganz rationelle Maßregel. Leben und atmen aber die dem Schwitzen unterworfenen Blätter nachher am Dach gerade so lange wie die direkt aufgehängten Blätter, so liegt die Gefahr nahe, daß auch von wertvollen Bestandteilen des Blattes manches veratmet wird, verschwindet, und daß darunter die Qualität 45 leidet. Wenigstens vermochte es BEHRENS (6) wahrscheinlich zu machen, daß der sog. Mangel an „Gummi“, der auf einem Mangel an Hygroskopizität des Tabaks beruht, auf die Zerstörung gewisser wasser-

[1]) Es geschieht das z. B. auch in Usambara, wie WARBURG berichtet: „Die von 50 den Mittelrippen befreiten Blätter werden für längere Zeit in die Hütten gelegt und mit Bananenblättern bedeckt; das ist die hier gebräuchliche Art der Fermentation; haben sie die gehörige Reife erlangt, so trocknet man sie an der Sonne . . . .“ (O. WARBURG, Die Kulturpflanzen Usambaras. Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten. Bd. VII. 1894. Heft 2. p. 56 des Sonderabdrucks.)

löslicher hygroskopischer Bestandteile durch Atmung u. dgl. zurückzuführen ist.

Bei der Erlangung der **Dachreife** spielen Mikroorganismen keine Rolle. Was TSCHERBATSCHEFF (1) als Gären bezeichnet, ist in Wirklichkeit kein Gärungsprozeß, sondern der Beginn, die erste Periode des Trocknens. Enzymatischer Natur sind voraussichtlich nur die Auflösung der Stärke und das Zustandekommen der Braunfärbung unter den Prozessen, welche die Erlangung der sog. Dachreife charakterisieren. Für den letzteren Prozeß haben wenigstens BEHRENS (8, 11) und MOHR (1) gezeigt, daß er nur unter Verhältnissen zustande kommt, wo Enzyme wirken können, also nicht, wenn das Blatt im grünen Zustande durch heiße Wasserdämpfe (100°), oder durch Formalin (MOHR) getötet wird, während Tötung durch Chloroformdampf das schließliche Eintreten der Braunfärbung in feuchter Luft nicht hindert. BEHRENS (8) ist seinerseits geneigt, die Mitwirkung eines glykosidspaltenden Enzyms bei der postmortalen Entstehung des Chromogens anzunehmen, und hat das Vorkommen eines Salicin spaltenden derartigen Enzyms in dachreifem Tabak nachgewiesen. Gestutzt wird seine Annahme durch das Bestehen zahlreicher analoger Fälle, in denen das Auftreten von Farb- und Riechstoffen (z. B. *Indigo, Cumarin*) auf die postmortale Spaltung präexistierender Glykoside zurückzuführen ist. Andere werden mehr geneigt sein, eine Mitwirkung oxydierender Bestandteile (Enzyme) bei dem Zustandekommen der Endfärbung des Tabaks anzunehmen. Auf dieselben wird gelegentlich der Besprechung der Fermentation einzugehen sein. Wo Organismen auftreten, sind sie entweder gleichgültig, oder aber sie entfalten eine Tätigkeit, welche der Qualität des Blattes nur zum Schaden gereichen kann. Auf die großen Verluste, welche das Schimmeln des Tabaks am Dache hervorruft, hat zunächst NESSLER wiederholt (2, 3, 4) hingewiesen, ohne sich mit der Bestimmung der auftretenden Pilzarten zu beschäftigen, und insbesondere auf die Maßregeln aufmerksam gemacht, mit Hilfe welcher man imstande ist, dieser Erscheinung mit Aussicht auf Erfolg entgegenzutreten. Man soll die Mittelrippen, welche am langsamsten trocknen, der Länge nach aufschlitzen, um ihr Austrocknen zu beschleunigen; ferner soll man die besonders dickrippigen Blätter für sich fassen und zum Trocknen aufhängen; endlich soll man nicht zu dicht hängen und den Zutritt von Luft und Wärme, der Witterung entsprechend, zu regeln suchen; schließlich fordert er zu Versuchen über das Räuchern des Tabaks auf.

MÜLLER-THURGAU (1) führt das als **Dachbrand** bezeichnete Verderben der Blätter auf Pilze zurück, die er regelmäßig auf dachbrandigen Blättern vorfand, und die der Gattung *Pleospora* nahestehen.

STURGIS beschäftigte sich näher mit den Erscheinungen des Verderbens der trocknenden Tabakernte und untersuchte zwei Formen desselben näher. Die eine (1), der sog. *„pole-burn"*, wohl mit unserem Dachbrande identisch oder doch diesem nahestehend, äußert sich im Auftreten dunkler bis schwarzer, wie verbrannt aussehender Flecken auf den Blättern; bei genügender Feuchtigkeit wachsen dieselben und nehmen endlich die ganze Blattfläche ein, wobei das Blatt weich und naß wird und bei der Berührung zerreißt. Nach STURGIS soll diese Fäulnis verursacht werden durch Bakterien, welche sich auf dem Blatte ansiedeln, und zwar fanden sich stets zwei verschiedene Formen vergesellschaftet, ein Stäbchenbakterium (1,9 – 3,7 × 0,8 μ), und ein Mikrokokkus (0,9 – 1,4 μ). Die genaue Beobachtung gesunder, trocknender Blätter, die in einen

dampfgesättigten Raum gebracht wurden, ergab folgenden Verlauf der Krankheit: Zunächst entwickelten sich auf den Blättern stellenweise kleine, braune Flecke, hervorgebracht durch ein *Cladosporium*. Nach einigen Wochen starb dieser Pilz, der sich nicht weiter verbreitete, ab, 5 und an seiner Stelle traten die erwähnten Bakterien auf. Der Verf. schreibt demnach den „*pole-burn*“ in erster Linie der Ansiedelung des Fadenpilzes zu, der die Blattzellen stellenweise isoliert und zum Teil zerstört, und so den Fäulnisbakterien den Eintritt in das Gewebe ermöglicht. Erst dadurch wird das an sich unschädliche *Cladosporium* 10 schädlich. Die Gegenmittel ergeben sich von selbst durch die Erfahrung, daß in trockener Luft die Krankheit nicht auftritt. Eventuell ist Beschleunigung des Trocknens durch künstliche Wärme angezeigt.

Eine zweite Krankheit, die Sturgis (2) untersuchte, ist die **Stammfäule** (Stem-rot), die an den Stengeln der zum Trocknen aufgehängten 15 ganzen Pflanzen auftritt. Zunächst treten rein weiße, sammetartige Rasen auf den Stengeln auf, die auf die Blattrippen übergreifen und aus dem Mycel einer *Botrytis* bestehen, die Verf. mit der *Botrytis longibrachiata* Oudem. identifiziert. Der Pilz zerstört das Gewebe und schädigt die Blätter, indem er die Rippen und die angrenzenden Teile der Blatt- 20 fläche mazeriert und in Fäulnis überführt.

Damit nähert sich die letzterwähnte Schädigung der Tabakblätter derjenigen, welche Behrens (2) näher untersucht und beschrieben hat. Die als Rippenfäule sowohl wie die als Dachbrand bezeichneten Schädigungen sind danach Fäulniserscheinungen der Rippe oder des Blattes, 25 hervorgerufen entweder durch *Sclerotinia Libertiana* oder durch *Botrytis cinerea*, welche beide in ganz gleicher Weise wirken. Insbesondere ist das seidenähnliche, weiße Mycel der ersteren auf den Rippen eine überaus häufige Erscheinung und wird vielfach, wenn nur in geringer Menge und ohne weiteren Schaden vorhanden, sogar als ein Zeichen sorg- 30 fältiger Behandlung und Trocknung nicht ungern gesehen, eine nicht ganz unberechtigte Anschauung. Beide Pilze bilden, wenn stärker entwickelt, auf den Blättern auch ihre Sklerotien. Wie schon seit den Untersuchungen de Bary's über den ersteren, Kissling's, Marshall Ward's und Behrens' über den letzteren Pilz bekannt, scheiden beide 35 außer einem Zellgift Enzyme aus, die Mittellamellen und Cellulosemembranen zum Aufquellen und in Lösung zu bringen vermögen. Infolge dieser Tätigkeit, welche beide Pilze natürlich auch auf dem Tabakblatte entfalten, wird das Gewebe des letzteren matschig und verliert seinen Zusammenhang. Außerdem bilden beide Schädiger viel oxal- 40 sauren Kalk, dagegen unter den im Tabakblatt vorliegenden Verhältnissen nicht Ammoniak. Von der *Botrytis cinerea* ist die von Sturgis als Ursache des Stem-rot gefundene *Botrytis* übrigens sicher verschieden.

Neuerdings beschreiben Oudemans und Koning (1) als Ursache einer Erkrankung („Rot“) von Tabakpflanzen auf dem Felde eine neue 45 *Sclerotinia nicotianae*, welche sich in biologischer und physiologischer Beziehung den beiden erwähnten Pilzen anreiht und gleich diesen eine Fäulnis der Blätter am Dach hervorzubringen vermag.

Den Bedingungen, unter welchen *Botrytis* den Tabak befällt, ist Behrens (7) mit Rücksicht auf die vielfach gemachte Erfahrung 50 nachgegangen, daß Düngung mit den sogen. künstlichen Düngesalzen, insbesondere mit Chilisalpeter, nicht nur die Qualität des Tabaks verschlechtert, sondern auch das Auftreten von Rippenfäule und Dachbrand fördert. Die untere Grenze des Wassergehalts für den *Botrytis*-

Befall wurde bei ca. 30 Proz. gefunden. Die größere Neigung von Salztabaken zum Auftreten der Fäulnis erklärt sich wahrscheinlich durch verschiedene Umstände. Einmal wird durch Salzdüngung das Tabakblatt dicker und fleischiger, und infolge davon ist die Dauer des Trocknungsprozesses am Dach eine längere; der Tabak behält längere 5 Zeit einen Wassergehalt, der das Gedeihen der Fäulnispilze erlaubt, und zieht ferner besonders leicht wieder Wasser an. Außerdem wird durch die Düngung mit Salpeter und Kalisalzen die Substanz des Tabakblattes auch ein besonders geeigneter und günstiger Nährboden für *Botrytis*. Beide Umstände wirken zusammen auf ein besonders häufiges und ver- 10 derbliches Auftreten von Dachbrand und Rippenfäule bei künstlich gedüngten Tabaken hin, und der dadurch bedingte reichere Gehalt an Keimen der Fäulnispilze in solchem Tabak erklärt ohne weiteres, daß auch bei der Fermentation leicht wieder Fäulnis sich einstellt.

BREDA DE HAAN (1) erwähnt einen in den Trockenräumen auf- 15 tretenden Schimmel sowie ein Faulen der Blattrippen unter dem Einflusse von Bakterien leider nur kurz.

Auch die *Phytophthora nicotianae* kann nach ihm (2) noch in den Tabaktrockenräumen indirekt dadurch sehr schädlich werden, daß sie die Stengel vorzeitig tötet und dadurch der Besiedelung durch Sapro- 20 phyten zugänglich macht, die dann aufs Blatt übergreifen

Von anderen Pilzen wurden auf am Dache hängenden Blättern *Cladosporium* und *Alternaria*, jedoch ohne ersichtliche Schädigung der Qualität, gefunden. OUDEMANS (1) beschreibt von faulenden Tabakblättern in Holland ein *Cladosporium tabaci n. sp.*, ein *Stemphylium tabaci n. sp.* und 25 ein *Fusarium nicotianae n. sp.* Die Rolle dieser Pilze bei der Fäulnis bleibt zweifelhaft. MICIOL (1) erwähnt die Perithecien von *Pleospora doliolum* TUL. und *Depazea*-ähnliche Pykniden als Vorkommen auf dachreifen Blättern. Auch sie scheinen dem Handelswerte der Blätter nicht geschadet zu haben. Dagegen sind *Penicillium glaucum* LINK und 30 ganz besonders *Aspergillus glaucus* LINK nach Beobachtungen von BEHRENS (4) sehr häufige und nicht unbedenkliche Bewohner des dachreifen Tabaks. Sie bewirken nicht nur eine sehr schädliche Lockerung der Textur des Blattes, sondern es ist auch zu fürchten, daß sie auf Geschmack und Aroma des Krautes einen nichts weniger als günstigen 35 Einfluß ausüben. Auch RACIBORSKI (1) hat diese Schädlinge auf Java beobachtet.

§ 2. Die Fermentation des Tabaks.

Wenn der dachreife Tabak in die Hände des Fabrikanten oder 40 Händlers übergegangen ist, so wird er der sog. Fermentation unterworfen, einem Gärungsprozesse, der dadurch eingeleitet wird, daß man die Tabakbüschel in große Haufen, Stöcke, deren jeder viele hundert Zentner faßt, zusammensetzt, worauf sich die Masse erwärmt. Daß diese Selbsterwärmung auf einer Gärung beruht, hat man schon früher 45 mehr geahnt als bestimmt gewußt. Bereits HERMBSTÄDT identifiziert in seinem vorzüglichen Werke, einem der besten, das über das Gesamtgebiet des Tabakbaus und der Tabakfabrikation geschrieben ist (1), Fermentation direkt mit Gärung. Ebenso war sich NESSLER (1) wohl bewußt, daß die Fermentation ein Gärungsvorgang ist. 50

Die im Innern der Tabakstöcke vor sich gehende Temperatur-

erhöhung ist natürlich nach den Verhältnissen sehr verschieden. Je mehr die Wärmeabgabe nach außen vermieden ist, um so höher wird bis zu einem gewissen Grade die Temperatur im Innern der Stöcke sein. Deshalb werden größere Haufen sich leichter und höher erwärmen als kleinere Massen von Tabak. Daß zum Eintritte der Gärung ein gewisser Feuchtigkeitsgrad des Tabaks notwendig ist, erscheint selbstverständlich. BEHRENS (7) fand folgende Werte für den Wassergehalt des Tabaks in einem fermentierenden Stock:

Blattspreite	25,22	Proz. Wasser
Mittelrippe	32,74	„ „

In den Verhältnissen der Praxis maß NESSLER (1) im Innern der Stöcke eine Maximaltemperatur von 57,5° C, SUCHSLAND (3) eine solche von 61° C. Höher als bis ca. 50° C läßt man die Temperatur im allgemeinen nicht steigen; man nimmt dann die Stöcke auseinander und baut neue auf, setzt sie um, wobei man die Vorsicht beobachtet, jetzt die vorher äußeren Blätter ins Innere des Stockes hineinzupacken, um sie ebenfalls kräftig zu fermentieren. Das Umsetzen wiederholt man, bis das ganze Material genügend fermentiert erscheint.

Ueber den Zweck, den man mit der Fermentation verfolgt, weiß man bis heute nichts Genügendes, und besonders nichts Exaktes, Greifbares. Jedenfalls veredelt die Fermentation Aussehen und Aroma des Tabaks, macht denselben vielleicht auch erst aufbewahrungs- und transportfähig.

HERMBSTÄDT (1) gibt als Wirkung der Fermentation nur einen Substanzverlust an, der 15—23 Proz. betragen kann. FRIES (1) beziffert den Substanzverlust auf 8—10 Proz. In beiden Fällen ist aber ganz zweifellos der Verlust an Trockensubstanz nicht unterschieden von dem Verluste an Feuchtigkeit, den fermentierender Tabak infolge der in ihm vorhandenen Hitze erleidet, welche einen Teil des Imbibitionswassers zur Verdampfung bringt. NESSLER (1) führt als durch die Fermentation erzielte chemische Umsetzungen im Tabak auf: das Verschwinden des Chlorophylls, eine Abnahme des Nikotingehalts und endlich die Bildung von Ammoniak, welche jedoch nur unter ganz bestimmten Bedingungen, bei großer Feuchtigkeit des Tabaks und unter Luftabschluß, eintreten soll. Das Auftreten des Ammoniaks scheint danach ein Symptom beginnender Fäulnis zu sein. FESCA und IMAI (1) vergleichen die Tabakfermentation ganz richtig mit dem Einsäuern und ähnlichen Konservierungsmethoden der Futterpflanzen und schließen aus den für diese Operationen vorliegenden Untersuchungen auf die Wirkungen des Fermentierens. Demgemäß betrachten sie als solche das Verschwinden der Nitrate, deren Fehlen im fermentierten Tabak sie feststellten, ferner eine weitgehende Zersetzung der Eiweißstoffe unter Auftreten von Amiden, und endlich, allerdings nur als wahrscheinlich, eine Verminderung des Gehalts an Nikotin. Daß die wasserlöslichen Kohlehydrate, der Zucker, bei der Fermentation verschwinden, hat MÜLLER-THURGAU (1) wahrscheinlich gemacht, indem er das regelmäßige Vorkommen von Zucker in dachreifen Blättern, das regelmäßige Fehlen desselben in fermentierten Rohtabaken nachwies. Der Stärkegehalt bleibt bei der Fermentation dagegen unverändert.

Untersuchungen, welche zunächst zu anderen Zwecken in der landwirtschaftlich-botanischen Versuchsanstalt zu Karlsruhe (KLEIN [1]) an fermentiertem und unfermentiertem Tabak derselben Herkunft ausgeführt

wurden, machten als Wirkung der Fermentation außer dem Trockensubstanzverluste wahrscheinlich eine **Verminderung des Nikotingehaltes** um ca. 28 Proz. der ursprünglich vorhandenen Menge im Mittel von 24 untersuchten Tabaken; der Eiweißgehalt war in allen Fällen gegenüber dem unfermentierten Zustande erhöht, meist allerdings nur wenig. Statt des vorher vorhandenen Asparagins, das verschwunden war, war infolge der Fermentation ein nicht identifizierter Amidokörper aufgetreten. Ammoniak dagegen war mit Sicherheit im fermentierten Tabak nicht nachzuweisen. Gewißheit über die infolge der Fermentation eintretenden chemischen Veränderungen der Blätter können nur solche Untersuchungen gewähren, bei denen von korrespondierenden Teilen, also Längshälften derselben Blätter, die einen im unfermentierten, die anderen im fermentierten Zustande untersucht werden. Solche Untersuchungen veröffentlichte BEHRENS (3). Danach beträgt der Verlust an Trockensubstanz, verursacht durch die Gärungsorganismen, 4—5 Proz. Er betrifft in erster Linie die löslichen Kohlehydrate, den Zucker, und die organischen Säuren, die als Salze im Tabak vorhanden sind, und zwar wesentlich die Aepfel- und Zitronensäure. Ein großer Teil (30 Proz.) des anfänglich vorhandenen Nikotins war infolge der Fermentation verschwunden. Da das Nikotin nicht im freien Zustande im Tabak, weder im unfermentierten, noch im fermentierten, vorkommt, sondern in Form nicht flüchtiger Verbindungen, so kann es nicht, wie VEDRÖDI (1) neuerdings behauptet, durch die bei der Fermentation entstehende Wärme verflüchtigt sein, um so weniger, als der Gesamtstickstoffgehalt vor und nach dem Fermentieren derselbe ist, wenn man den Trockensubstanzverlust während der Fermentation in Rechnung zieht [1]. Vielmehr ist es wahrscheinlich, daß die Fermentationsorganismen einen Teil des Nikotins als Nährstoff benutzen und dementsprechend in andere Verbindungen umsetzen. Sogar bei nicht sehr günstigen Wachstumsbedingungen vermochte nach einem Versuche von BEHRENS (2) der Schimmelpilz *Botrytis cinerea* seinen Stickstoffbedarf aus Nikotin zu decken, und ebenso gedeihen nach BEHRENS (10) Bakterien ausgezeichnet in einer Nährlösung, die als einzige Stickstoffquelle Nikotin enthält, und bringen dabei alles Nikotin zum Verschwinden [2]. Die Salpetersäure verschwindet bei der Fermentation ebenso wie der Zucker, und auch das Verschwinden des Asparagins, an dessen Stelle ein anderer Amidokörper auftritt, bestätigte sich. Das Verhältnis des Eiweißstickstoffes zum Gesamtstickstoff erlitt dagegen durch die Fermentation keine Veränderung. Nach wie vor waren 42 Proz. des vorhandenen Stickstoffes in Eiweißform vorhanden. Zusammengehalten mit den Resultaten der vorhin erwähnten Untersuchungen, berechtigt das übrigens zu dem Schlusse, daß die Fermentation nicht, wie FESCA und IMAI (1) annehmen, eine Verringerung des Eiweißgehaltes bewirkt. Der Gehalt des Tabaks an flüchtigen Säuren war durch die Fermentation auf mehr als das Doppelte gestiegen; wahrscheinlich wird Buttersäure gebildet. Milchsäure findet sich im fermentierten Tabak nicht, dagegen ist es möglich, daß die wiederholt als

[1]) Auch hat schon TH. SCHLÖSING (Mémorial des manufactures de l'état. Vol. I. p. 497 ff.) gezeigt, daß selbst beim Rösten, also bei ca. 110° C, der Tabak nur einen ganz verschwindenden Verlust an Nikotin erleidet.

[2]) Die Geeignetheit der Nikotinsäure als Stickstoffquelle für *Aspergillus niger* hat neuerdings CZAPEK gezeigt (Untersuchungen über die Stickstoffgewinnung und Eiweißbildung der Schimmelpilze. III. Beiträge zur chem. Physiol. und Pathol. Bd. III. 1902. p. 58).

Tabakbestandteil angegebene Bernsteinsäure aus der Fermentation stammt, da Behrens sie in unfermentiertem Tabak nicht finden konnte. Ammoniaksalze konnten auch bei diesem Versuche nicht mit Sicherheit in den fermentierten Blättern nachgewiesen werden, womit sich die Annahme Vedrödi's (1), die Fermentation bewirke eine Ammoniakbildung, erledigt.

Johnson (1) benutzte zu seinen Untersuchungen verschiedene Blätter, wenn auch gleicher Herkunft. Dadurch verlieren die erhaltenen Zahlen viel von ihrem Werte. Sie bestätigen den Trockensubstanzverlust sowie den Verlust an Nikotin, der bei der Fermentation eintritt. Dagegen ist eigentümlicherweise der Gehalt an Nitraten nicht zerstört, sondern im Gegenteil zum Teil unverhältnismäßig vermehrt, was von individuellen Unterschieden der verschiedenen und von verschiedenen Pflanzen stammenden Blätter, zusammen mit ungenügender Fermentation, herrühren dürfte. Den Ammoniakgehalt findet Johnson konstant, jedenfalls also keine Ammoniakbildung durch die Gärung. Nur kurz erwähnt sei die von Suchsland (1) ausgesprochene Vermutung, es handle sich bei der Fermentation um die Ueberführung des Nikotins in Nikotianin oder Tabakskampfer. Diese Vermutung schwebt so lange in der Luft, als unbekannt ist, was das Hermbstädt'sche Nikotianin eigentlich ist, ob ein stickstofffreier Körper, der dem ätherischen Oel der Drüsenhaare des Tabaks entstammen dürfte, wie Behrens (3) annimmt, oder ein stickstoffhaltiges Alkaloid, in dem Fränkel und Wagrinz (1) neuerdings den Träger des Tabakaromas sehen.

Nachdem der typische Gärungsprozeß, die alkoholische Gärung, als Resultat der Tätigkeit von Organismen erkannt worden war, lag es nahe und erschien es als selbstverständlich anzunehmen, daß auch die Fermentation des Tabaks von irgend welchen Gärungsorganismen verursacht werde. Erst im Jahre 1899 wurde dieser Ansicht gegenüber von Löw (1) die Anschauung vertreten, daß nicht lebende Organismen, sondern oxydierende Enzyme des Tabakblattes selbst die Ursache der bei der Fermentation vor sich gehenden Umsetzungen seien.

Daß **Organismenkeime auf dem Tabak** nicht fehlen, ist selbstverständlich. Behrens (7) fand auf frischen Blättern durch Kultur auf Tabakabsudgelatine zwischen 22 800 und 112 500 Keime auf 100 qcm Oberfläche, darunter 6700—12 500 Schimmelsporen. Die gefundenen Keime gehörten Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen an. Wie bei anderen Pflanzen, so gelingt es auch bei Tabak nur mit allen Vorsichtsmaßregeln, sterile Pflanzen zu erziehen. Jensen (1) hat solche gezogen.

Der erste Forscher, der sich mit den von der Theorie geforderten Organismen der Tabakfermentation näher beschäftigte, war Suchsland (1) im Jahre 1901. Suchsland entwickelt dort die Idee der „Edelfermentation". Es beruht dieselbe auf den gleichen Gesichtspunkten, die zur Einführung reingezüchteter Hefen in die Gärungsgewerbe, reingezüchteter Milchsäurefermente in die Molkerei u. s. f. geführt haben. Suchsland hat die Bakterienflora von Tabaken verschiedener Herkunft untersucht und natürlich große Verschiedenheiten gefunden. Die beobachteten Mikroorganismen sind meist Stäbchenbakterien, seltener Kokken. Sie sitzen jedem fermentierten Rohtabak in großer Individuen-, aber in meist geringer Artzahl an, und als Suchsland sie in Reinkulturen vermehrt und dann auf andere Tabaksorten übertragen hatte, zeigte sich, daß sie in diesen gediehen und dabei Geschmacks- und Geruchsveränderungen in ihnen erzeugten, welche an den Geschmack und das Aroma

ihres ursprünglichen Fundortes, der Tabaksorte, von der sie gezogen waren, erinnerten. SUCHSLAND schlägt nun vor, nach einem ihm patentierten Verfahren die erfahrungsgemäß ein minderwertiges Produkt liefernden dachreifen Tabake z. B. der Pfalz, Uckermark und anderer deutscher Tabakbaugebiete vor der Fermentation mit den Keimen der 5 aus vorzüglichen Tabaken (Havanna u. s. f.) isolierten Bakterien zu versehen und so einen günstigen Gang der Fermentation mit Hilfe der **Edelfermentation** zu sichern [1]). In einem „Vademekum für alle Tabakindustriellen" offeriert SUCHSLAND (2) an Fermenten solche, die von gutem Havanna-, Brasil- und Kentuckytabak gewonnen sind. Die 10 Kulturen sollen in abgekochtem und dann wieder erkaltetem Wasser verteilt und so mit sauberen Besen u. dgl. dem zu fermentierenden Tabak angespritzt werden, wobei eine zu starke Benetzung natürlich zu vermeiden ist. In zwei Vorträgen berichtet SUCHSLAND (3, 4) über die günstigen Erfahrungen, welche er selbst und verschiedene Fabrikanten 15 mit seiner Methode der Edelfermentation gemacht haben, und sucht über die Ursachen von einzelnen Mißerfolgen aufzuklären. SUCHSLAND liefert danach Mischkulturen verschiedener Arten und hofft, daß man durch entsprechende Auswahl und Zusammenstellung der Fermentationserreger in einigen Jahren es vollständig in der Hand haben werde, dem 20 Tabak durch den Gärungsprozeß je nach Wunsch einen angenehmen säuerlichen Aprikosen-, Erdbeer-, Himbeer- usw. Geruch zu verleihen und ihm dafür die minderwertigen Eigenschaften zu nehmen.

Unabhängig von SUCHSLAND hat gleichzeitig mit ihm A. KOCH den Versuch gemacht, den in der Alkoholgärung und im Molkereigewerbe 25 so fruchtbaren Gedanken der „Reinhefegärung" auf die Tabakfermentation zu übertragen. Ueber günstige Ergebnisse der Fermentation hannöverscher Tabake mit Bakterien von Havanna- und Brasiltabaken bei diesen Versuchen ist berichtet in einer Mitteilung der Firma HERMANN GIESECKE (1). Nachhaltige Lebenskraft scheinen diese Anwendungen 30 der Reinzuchten in der Tabakindustrie nicht gehabt zu haben.

In einer späteren Mitteilung macht SUCHSLAND (5) darauf aufmerksam, daß der Tabak bei Fermentationsversuchen umzusetzen ist, sobald die Temperatur des Haufens auf 42—45° C steigt. Bei höheren Temperaturen wirken die Edelfermente nicht mehr. Die Mehrarbeit, welche 35 die Edelfermentation infolge des häufigeren Umsetzens der Stöcke verlangt, wird aufgewogen durch die in 75 Proz. der Fälle eintretende qualitative Verbesserung und Werterhöhung der Tabake. Mit dem Jahre 1895 stellte SUCHSLAND seine bakteriologischen Studien über die Tabakfermentation ein. 40

Als Ergebnis der Untersuchungen SUCHSLAND's und A. KOCH's ist nur zu konstatieren, daß Bakterien verschiedener Art die Ursache der Tabakfermentation sein können und den Gang derselben maßgebend beeinflussen. Nähere Mitteilungen über die spezielle Morphologie und Physiologie der Gärerreger sind von keinem der beiden Forscher ge- 45 macht worden.

BEHRENS (1) fand auf den Rippen fermentierender Blätter gelegentlich den thermophilen Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus*, dessen Auftreten in den erwärmten Tabakstöcken bei der allgemeinen Verbreitung seiner Keime nicht auffallen kann. Ueber die Organismen des fermen- 50

[1]) Die Mitteilungen DE TONI's über die Fermentation des Tabaks (1, 2) sind nur Referate dieser Mitteilung SUCHSLAND's.

tierenden Havannatabaks hat Dávalos (1) eine ausführliche Arbeit veröffentlicht. Außer einer „Hefe" fand er eine Anzahl von Bakterien, die er als *Bacillus* A, B, C, E beschreibt. Drei von diesen, darunter der fluoreszierende *Bacillus* C, sind obligat aërobiotisch, einer, *Bacillus* E, ist fakultativ anaërobiotisch und erwies sich als pathogen für Meerschweinchen. Die „Hefe" Dávalos' bildet Fäden, die sich durch Scheidewände teilen und unbewegliche Kugeln bilden. Gelatine wird von ihr verflüssigt. Sie bildet den sog. Schimmel der Tabakpflanzer. Nach dieser nichts weniger als klaren Schilderung ist die „Hefe" Dávalos, vielleicht identisch mit einer von Behrens (4) gefundenen *Monilia*, die der *Monilia candida* Hansen sehr ähnlich war, oder der von Splendore (1) gefundenen *Oospora nicotianae*. Beide bilden weiße schimmel- oder effloreszenzartige Ueberzüge auf und neben den Rippen eben ausfermentierter Tabakbündel. Die *Monilia* erzeugte schwache alkoholische Gärung in Zuckerlösung, wobei ein brotähnlicher Geruch auftrat. Neuerdings fand Behrens (11) solche Rasen, bestehend aus einem der *Oospora nicotianae* ähnlichen, von dieser, nach den Abbildungen zu urteilen, aber durch die basipetale Entstehung der Sporen wesentlich verschiedenen Fadenpilz. Auch Vernhout (2) gibt an, daß der sog. Salpeter des Tabaks auf Ostjava aus hefenähnlichen Organismen besteht. Auf dachreifen Blättern fand Behrens (4) in Sporenform den *Bacillus subtilis* und ein aërobes *Clostridium*. Ein Versuch von Behrens (5), thermophile Organismen auf deutschem Tabak nachzuweisen, ergab ein negatives Resultat, das allerdings eine Verallgemeinerung nicht erlaubt.

Die Frage, ob diese Organismen, die großenteils nur zufällig gefunden wurden und nicht einer planmäßigen Untersuchung des Fermentationsprozesses ihre Auffindung verdanken, an der Fermentation überhaupt beteiligt sind, ist für eine größere Anzahl von ihnen sicherlich, für die anderen mit großer Wahrscheinlichkeit zu verneinen. Mehr Beachtung verdienen in dieser Beziehung die in den Arbeiten von Vernhout und Koning bei systematischem Studium der Fermentation gefundenen Arten.

Seine bakteriologischen Untersuchungen über die Fermentation des **Tabaks von Ostjava** leitete Vernhout (1) durch einen für die Kreise der Tabakinteressenten bestimmten populären Aufsatz ein, der die Bedeutung der mykologischen Forschung und damit die Anwendung von Reinzuchten in den verschiedensten Gewerbezweigen (Brauerei, Brennerei, Weinbereitung, Molkereiwesen, Gerberei etc.) hervorhebt, daran eine Schilderung der Bedeutung der Gärungsorganismen für das Tabakgewerbe knüpft und endlich in großen Zügen eine Uebersicht über die nächsten Aufgaben der Forschung auf diesem Gebiete gibt. Im folgenden Jahre teilte Vernhout (2) dann die vorläufigen Resultate seiner Untersuchungen über die **Flora fermentierter Blätter** mit. Da die Temperatur im Innern der fermentierenden Stöcke bis auf 50° und mehr steigt, so lenkte er sein Augenmerk zunächst auf thermophile Organismen und hielt die Kulturen stets bei 50° C. Auf 70 Blättern verschiedener Herkunft wurde nach seinem Verfahren stets dieselbe Art von Thermophilen, ein lebhaft beweglicher, Endosporen bildender Bazillus (2,4 × 0,5 μ) aus der Gruppe der Kartoffelbazillen gefunden, der auch bei gewöhnlicher Temperatur noch gedieh. Derselbe erwies sich als obligat aërobiotisch, bildete in Bouillon Ammoniak und wuchs auf tabakabsudhaltigen Nährböden schlechter als auf tabakabsudfreien. Wie Vernhout in der ausführlichen Darstellung seiner Untersuchungsergebnisse (3) mitteilt, lag das großen-

teils daran, daß der zur Bereitung des Absudes benutzte Tabak bereits eine Fermentation durchgemacht hatte. Im Extrakt dachreifen Tabaks wuchs der hier *Bacillus tabaci fermentationis* genannte thermophile Bazillus sehr gut. Sein Temperaturoptimum für Wachstum und Gedeihen liegt zwischen 44 und 50° C, die Temperaturgrenzen liegen unter 25 und bei 58°. Auf ausfermentiertem Tabak wurde dieser Bazillus regelmäßig gefunden. Bei der Untersuchung fermentierender Blätter kam außer ihm auf den bei Zimmertemperatur gehaltenen Platten vielfach ein *Bacterium tabaci fermentationis* zur Entwicklung, das nicht im gleichen Grade thermophil ist. Auf dachreifem Tabak wurde dieses allein regelmäßig, der Bazillus dagegen selten gefunden. Danach findet während der Fermentation offenbar eine Vermehrung (Anreicherung) des *Bacillus tabaci fermentationis* statt und ist dieser mit großer Wahrscheinlichkeit als wesentlich beteiligt am Fermentationsprozeß zu betrachten. *Bacterium tabaci fermentationis* ist eine Endosporen bildende, unbewegliche Stäbchenbakterie (1.5—2.5 × 0.45 μ), ebenfalls aerobiotisch und aus Eiweißstoffen Ammoniak abspaltend. Die obere Temperaturgrenze liegt bei 51—52°, das Optimum bei 25°.

Die von VERNHOUT im praktischen Betriebe angestellten Fermentationsversuche, bei denen mit Kulturen des Bazillus geimpft wurde, hatten bis dahin Resultate noch nicht ergeben. Soweit das Steigen der Temperatur einen Schluß zuläßt, war durch die Impfung der Gang der Fermentation nicht beeinflußt. Die Qualität der Produkte konnte zur Zeit der Veröffentlichung noch nicht beurteilt werden. Dagegen hatten Laboratoriumsversuche mit Reinkulturen ein besseres Ergebnis: Bei diesen Versuchen wurden Tabakblätter, die noch wenig fermentiert waren, längs der Mittelrippe halbiert und nun die weiter zerkleinerten Hälften in Petrischalen derart verteilt, daß immer die rechte Hälfte in die eine, die linke in die andere Doppelschale kam. Nach Sterilisation im Autoklav bei 120° wurden die linken Hälften überall mit Reinkulturen des *Bacillus tabaci fermentationis* geimpft und dann alle Schalen bei 50° gehalten. Von 7 derartigen Versuchen ergaben 5 eine entschiedene Wirkung der Impfung, davon in 3 Fällen eine günstige. In einem der Versuche roch nach 12 tägiger Dauer die geimpfte Blatthälfte stark nach süßem Roggenbrot, ein Geruch, der bei der Tabakfermentation ziemlich regelmäßig beobachtet wird. Die Fortsetzung der Untersuchung wurde durch das Scheiden VERNHOUT's von Java verhindert.

Zu etwas anderen Resultaten kam KONING, der die Fermentation des **holländischen Tabaks** untersuchte. KONING (1, 2) fand in fermentierendem Tabak stets die sehr verbreiteten *Bacillus subtilis* und *mycoides*, außerdem fünf Arten, die er vorläufig als *Bacillus I*, *II*, *III*, *IV* und *V* bezeichnet. Davon sind die beiden ersten obligat aërobiotisch, die anderen drei fakultativ anaërobiotisch. Die Hauptrolle bei der Gärung spielt der *Bacillus tabaci III*. Nach KONING verbrauchen alle gefundenen Organismen zunächst den Sauerstoff der Luft in den Stöcken, und steigern die Temperatur. Dabei entsteht durch die Tätigkeit von *Bacillus mycoides* und der Bazillen I und II Ammoniak. Erst dann treten die wahren Thermophilen, *B. tabaci III*, *IV* und *V* auf, von denen *B. tabaci III* die Hauptrolle spielt. *Bacillus tabaci I* und *II* gehören zur *Proteus*-, *Bacillus III*, die einzige sporenbildende Form, zur *Subtilis*-Gruppe. Als KONING sterilisierten Tabak mit Reinkulturen der verschiedenen Organismen impfte und 6 Wochen gären ließ, wurde von Sachverständigen der mit *Bacillus tabaci III* geimpfte Tabak als der beste erklärt.

In einer weiteren Mitteilung beschreibt Koning (3) ferner als beteiligt an der Fermentation einen *Diplococcus tabaci*, dessen Wachstumsoptimum bei 24° liegt. Derselbe leitet die Temperatursteigerung des zusammengesetzten Tabakstockes zusammen mit dem *Bacillus tabaci I* ein, stellt aber, ebenso wie dieser, sein Wachstum bei etwas erhöhter Temperatur ein. Als Koning verschiedene Tabake mit einem Gemisch des *Diplococcus*, des *Bacillus tabaci I* und des *B. tabaci III* impfte und nach Beendigung der Fermentation diese Proben mit Proben derselben Tabake, die ohne Impfung fermentiert waren, verglich, ergab sich eine Verbesserung der Qualität durch die Impfung. *Diplococcus tabaci* soll die Brennbarkeit, *Bacillus tabaci I* das Aroma verbessert haben. Wurde nichtsterilisierter Tabak geimpft, so war das Ergebnis keineswegs gleich günstig und schlagend.

Das Ergebnis eines Versuches, bei dem Sandgut von Betuwer und Veluwer Tabak teils mit Mischungen von *Bacillus tabaci I* und *III*, *Diplococcus tabaci* und *Bacillus tabaci III*, *Diplococcus* und *Bacillus tabaci I* und *III* geimpft, teils nicht geimpft war, wird von Koning (5, 1900) mitgeteilt. Danach hat besonders die Mischung der drei Arten Aroma und Geschmack verbessert. In einigen Fällen war auch eine Verbesserung der Brennbarkeit zu konstatieren. Stets war der geimpfte Tabak in der Qualität besser als der nicht geimpfte. Die Impfung wurde nicht mit Aufschwemmungen der Bakterien in Wasser, sondern mit Mischungen derselben mit feinem Tabakpulver bewerkstelligt, das in die Büschel hineingeblasen wurde. Während der Gärung starben *Diplococcus* und die Bakterien der *Proteus*-Gruppe ab.

Bei Delitabak beobachtete Koning andere Organismen. Dagegen war der Verlauf und der Charakter der Gärung des Delitabaks analog dem der Gärung des holländischen Tabaks. Auch hier fand ein Wechsel der Bakterienflora im Verlauf der Fermentation statt. Die Verschiedenheit der Organismenflora und der Umsetzungen bei der Fermentation von verschiedenen Tabaken wird auch dadurch illustriert, daß Tabak aus der Betuwe nicht oder nur wenig Ammoniak bildet, Tabak aus der Veluwe dagegen als Zersetzungsprodukt Ammoniak liefert. Durch Impfung mit Ammoniakbildnern läßt sich aber auch im Betuwer Tabak Ammoniakbildung verursachen.

Im Gegensatz zu den bisher entwickelten Anschauungen hat Loew (1) 1899 die Ansicht ausgesprochen, daß die Tabakfermentation keineswegs ein durch Organismen verursachter Gärungsvorgang sei, daß vielmehr oxydierende Enzyme des Tabakblattes selbst die Ursache der Fermentation, der Erwärmung und der dabei stattfindenden chemischen Umsetzungen, seien, und daß, wenn irgendwo Bakterien oder andere Organismen bei dem Fermentationsprozeß aufträten, deren Wirkung eine unheilvolle sei. Loew vermochte bei direkter Untersuchung unter dem Mikroskope auf der Oberfläche und im Innern frisch fermentierter Tabakblätter viel zu selten Mikroorganismen zu finden, als daß solche als Ursache der Fermentation in Betracht kommen könnten. Ferner ist der Wassergehalt fermentierenden Tabaks (unter 25%) viel zu gering, um den in dieser Beziehung anspruchsvollen Bakterien irgend welches Wachstum zu ermöglichen. Das Wasser ist zudem nur als Imbibitionswasser der Membranen des Tabakblattes, nicht in tropfbar flüssigem Zustande vorhanden und vermag daher nicht, Inhaltstoffe der Zellen in Lösung zu bringen und den außen ansitzenden Keimen zugänglich zu machen. Ein Eindringen der Bakterien in das Zellinnere hat noch niemand be-

obachtet, würde auch eine Durchlöcherung und teilweise Auflösung der Membranen und damit eine Minderung der Festigkeit und eine Entwertung der Blätter voraussetzen. Endlich nimmt nach Loew mit dem Fortschreiten der Fermentation der Bakteriengehalt nicht zu, sondern ab, und ebenso ist es mit der Fähigkeit, Bakterien als Nährsubstrat zu dienen. Dagegen vermochte Loew in Tabakblättern oxydierende Enzyme nachzuweisen und zwar eine **Oxydase,** welche Guajaktinktur sofort blau färbt, und eine **Peroxydase,** welche nur bei Gegenwart von Wasserstoffsuperoxyd Guajaktinktur bläut. Die Tötungstemperatur bei 3 Minuten langem Erwärmen der wässerigen Lösung liegt für die Tabakoxydase bei 65—66°, für die Tabakperoxydase bei 87—88° C. Beide sind in frischem, dachreifem und eben ausfermentiertem Floridatabak vorhanden, werden aber beim Lagern anscheinend zerstört. Wenigstens enthielt ein 2 Jahre gelagerter Floridatabak nur noch die Peroxydase. Verschiedene Sorten Jahrgänge und Provenienzen weisen im Gehalt an den oxydierenden Enzymen und im Verhalten derselben Verschiedenheiten auf. So enthielt Connecticuttabak wohl im frischen, aber nicht mehr im dachreifen Zustande Oxydase, und während der Fermentation verschwand auch die Peroxydase. Durch die Einwirkung dieser oxydierenden Enzyme auf den Gerbstoff und das Nikotin sowie andere Bestandteile des Tabaks, der Diastase auf die Stärke und der verdauenden Enzyme auf die Eiweißstoffe kommen nach Loew's Ansicht alle chemischen Veränderungen im Tabakblatt während der Dachreife und der Fermentation zustande. Nikotin soll von Tabakperoxydase nach einem Versuch unter Ammoniakbildung angegriffen werden. Auf Grund seiner Theorie schlägt Loew statt des Ausdrucks „Fermentation" für den damit bezeichneten Vorgang den unübersetzbaren Ausdruck: Oxydizing enzymation vor.

An die Ausführungen Loew's schloß sich eine ausgedehnte Diskussion, die indessen die Frage selbst wenig gefördert hat. Behrens (9) hält auf Grund der bisherigen Erfahrungen an der Auffassung der Fermentation als einer von Organismen verursachten Gärung fest. Er sucht die Einwände Loew's gegen dieselbe zu entkräften und hebt insbesondere den Wert der Kulturmethode zum Nachweis von Organismen auf festen Substraten gegenüber der direkten mikroskopischen Untersuchung hervor. Er will ferner das Imbibitionswasser des Tabaks als, wenn auch sehr verdünnte, Lösung und daher als wohl geeignet zur Ernährung von Bakterien betrachtet wissen und macht darauf aufmerksam, daß nach dem Grundsatz: *Corpora non agunt nisi soluta*, auch eine Wirkung der oxydierenden Enzyme im Tabakblatt nicht möglich sein würde, wenn Loew's Ansicht über den Zustand des Wassers im fermentierenden Tabakblatt richtig wäre. Loew (2, 3) tritt dem in zwei Mitteilungen entgegen. Insbesondere weist er darauf hin, daß bei Connecticut- und Wiskonsintabaken eine direkte Beziehung zwischen dem Oxydasegehalt und der Neigung zum Fermentieren beobachtet ist: Solchen Tabaken, die nicht fermentieren wollten und infolgedessen auch kein Aroma entwickelten, fehlte die Oxydase, während andere Tabake derselben Provenienz solche enthielten und dementsprechend sehr gut fermentierten. Bei dem geringen Wassergehalte des fermentierenden Tabaks ist ferner die Konzentration der darin enthaltenen wässerigen Lösung viel zu groß, um das Gedeihen von Bakterien zu gestatten. Selbst bei höherem Wassergehalt (35 Proz. und mehr) sah Loew (3) Bakterien nicht auftreten, als er Tabak bei 50—60° in einem Thermostaten hielt. Das spezifische Tabakaroma ist nicht ein Produkt von Bakterien, sondern entwickelt sich auch

unter Bedingungen, unter welchen gar keine Bakterien gedeihen können.

Gegen die Ansicht Loew's scheint die von Vernhout (3) mitgeteilte Beobachtung Raciborski's zu sprechen, daß in getrockneten Javatabaken weder Oxydase noch Peroxydase (Leptomin) vorhanden ist. Raciborski (1) zieht daraus den Schluß, daß diese Körper wohl bei der Dachreife eine Rolle spielen mögen, nicht aber bei der Fermentation. Auch Koning (4) wandte sich gegen Loew's Anschauungen, der seinerseits (4) erwiderte.

Bei einer experimentellen Untersuchung über die oxydierenden Bestandteile deutschen Tabaks kam Behrens (10) zu Ergebnissen, welche von denen Loew's einigermaßen abweichen. In frischen grünen Tabakblättern wurde Oxydase sowie Peroxydase, in dachreifem Tabak desselben Ursprungs sowie in fermentierenden Tabaken nur Peroxydase gefunden. Die Tötungstemperatur der Oxydase in Tabakauszügen lag zwischen 85 und 90° C, während die Peroxydase sogar kurzes Aufkochen vertrug. Verdünnung mit Wasser setzte die Resistenz der Oxydase herab. Während der Preßsaft frischer Blätter ohne Schaden für die Peroxydasereaktion gegenüber Guajaktinktur auf über 90° erhitzt werden kann, verliert er schon bei einer Erhitzung auf 70° seine Wirkung auf Hydrochinon in Gegenwart von Wasserstoffsuperoxyd. Aus trockenen Blättern (schnell durch Wärme getrocknet) dargestellte Auszüge verlieren die Oxydasereaktion schon durch Erhitzen auf 70°. Alkoholzusatz (bis 80 Volumprozent) oder Faulen der Auszüge vernichteten die Peroxydasereaktion nicht. Danach hält Behrens die Enzymnatur der oxydierenden Bestandteile für äußerst fraglich. Er konnte bei längerer Einwirkung einer Lösung der oxydierenden Bestandteile von Tabak auf Nikotin Ammoniakbildung nicht finden und zeigt endlich, daß im Tabakpulver auch bei einem Wassergehalt von nicht mehr als 25 Proz. nicht nur Penicillium, sondern auch Bakterien, letztere allerdings kümmerlich, wachsen können. Ein schlagendes Argument für Loew's Ansicht würde der positive Ausfall von Versuchen bilden, ob in Gegenwart von Antisepticis, welche die Enzymwirkung nicht stören, z. B. Chloroform, feuchter Tabak sich erwärmt. Loew (6) machte dann darauf aufmerksam, daß auf die Tötungstemperatur der Oxydasen die Zeitdauer der Erhitzung, die Reaktion und die Gegenwart anderer Körper von wesentlichem Einfluß ist. Wenn auch die Oxydase aus deutschem Tabak während des Reifens am Dach verschwindet, so bleiben doch die anderen oxydierenden Enzyme, Peroxydase und Katalase übrig und können die Fermentation bewirken. Auch dürfte dies Verschwinden der Oxydase nicht konstant sein. Wenigstens fand Loew bei verschiedenen Jahrgängen von Connecticuttabak bald Oxydase, bald nicht im dachreifen Zustande. Die Oxydase kann nach Loew (5) freilich infolge starker Belichtung der absterbenden Blätter oder durch zu lange dauernde feuchte Witterung während des Trocknungsprozesses bis zum Verschwinden abnehmen. Möglicherweise entstehen aber bei der Fermentation aus einem Zymogen neue Mengen von Oxydase. Die Rolle der Peroxydase und Katalase bei der Fermentation bedarf noch der Untersuchung.

Als **Katalase** bezeichnet Loew (7) ein in zwei Modifikationen, einer löslichen und einer unlöslichen, überall verbreitetes Enzym, das Wasserstoffsuperoxyd unter Sauerstoffentwicklung spaltet, und das auch im Tabak nicht fehlt. Im grünen Tabakblatt ist nur die unlösliche Modifikation vorhanden, wie auch Behrens (10) fand. Während des Reifens

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

§ [illegible]

[illegible]

ist, öffnet man die einzelnen Tabakbüschel und besprengt die Blätter mäßig mit diesem Wasser, jedoch sehr vorsichtig und derart, daß die Blätter nicht zu feucht werden, weil jedes Blatt, das zu sehr benäßt oder gar durchweicht wird, in Fäulnis übergeht. Dann bindet man die aus 20—30 Blättern bestehenden Büschel wieder zusammen und hängt sie für einige Stunden in das Trockenhaus, um das überschüssige Wasser verdunsten zu lassen. Sobald das geschehen ist, werden die Büschel festgepreßt in Kisten verpackt, in denen sie bleiben bis zur Ueberweisung an die Fabrikarbeiter. Hanausek (1) hat in seiner Mitteilung, wohl mit Recht, angenommen, daß in den Kisten eine Gärung stattfindet, verursacht durch die mit dem Mazerationswasser der edlen Blätter zugeführten Gärungsorganismen, und er macht darauf aufmerksam, wie analog dieses Verfahren dem von Suchsland und von Koch angestrebten Verfahren der Fermentation mit rein gezüchteten Bakterien ist. Nach Loew's (1) wird die Wirkung des Petunierens, das auch in Nordamerika vielfach Anwendung findet, meist überschätzt. Nach ihm ist der wirksame Bestandteil der Petunierflüssigkeit das bei der Fäulnis von Tabakblättern oder -stengeln entstandene kohlensaure Ammon, das die Alkalinität des behandelten Tabaks erhöht, wodurch die Wirksamkeit der oxydierenden Enzyme gesteigert wird. Vielfach verwendet man bei der Bereitung der Petunierflüssigkeit direkt Ammoniumkarbonat. Im übrigen bedient man sich der verschiedensten Zusätze (Rum, Melasse, Wein) zur Bereitung des **„petuning liquid"**. Splendore (3) fand bei einer experimentellen Untersuchung des Petunierens, daß das Ammoniumkarbonat nur das Aroma deutlicher und penetranter hervortreten läßt, während Petunieren mit Flüssigkeiten aus Tabakblättern verschiedener Herkunft (Brasilien, Ungarn, Havanna, Kentucky) bereitet, entgegen der Ansicht Loew's den Geschmack und die gesamte Qualität des Tabaks wesentlich verbesserte. Indes wirkten dabei die aus verschiedenen Tabaken bereiteten Petunierflüssigkeiten ganz gleich. Gleichzeitige Behandlung mit „Petun" und Ammoniumkarbonat verbesserte sowohl Geschmack wie Aroma.

Von sehr günstiger Wirkung auf die Qualität von schwerem Tabak des Kentuckytypus, der sonst behufs Verwendung zur Zigarrenfabrikation durch Rösten oder Packung in Tonnen verbessert wird, fand Splendore (2) das **Pasteurisieren** in strömendem Dampf, wobei die Temperatur 60—100° erreichen soll. Je höher die Temperatursteigerung in dieser Grenze ist, und je länger andrerseits die Erwärmung dauert, um so günstiger wirkt sie, desto eher und ausgeprägter tritt der charakteristische Brotgeruch, das Charakteristikum gut verlaufener Fermentation, auf. Neben ihm macht sich ein Nebengeruch („odore viroso") infolge Verflüchtigung von Ammoniakbasen und geringen Mengen Nikotin geltend. Der Geschmack wird verbessert und die Farbe eine gleichmäßigere und dunklere. Endlich wird der Tabak durch das Pasteurisieren haltbarer, was wohl damit zusammenhängt, daß durch das Pasteurisieren (Erhitzen auf 100° 15 Minuten lang) nach Splendore die Schimmelpilze, Hefen und Bakterien, welche sich auf dem rohen Blatt finden, großenteils getötet werden.

Nicht immer ist das Altern des Tabaks von Vorteil für die Qualität. Daß unter Umständen sich Organismen entwickeln können, welche die Qualität ganz außerordentlich schädigen, kennt jeder vom **Schimmeln der Zigarren** her, als dessen Ursache Behrens (5) den allverbreiteten *Aspergillus glaucus* in verschiedenen Fällen auffand. Nach Splendore (1) ist auch die bereits erwähnte *Oospora nicotianae*, die auf starken Zigarren

und auf fermentierenden Haufen effloreszenzartig, als „*fioritura*“, weiße Blüte des Tabaks, auftritt, ein arger Schädiger der Qualität (Aussehen und Aroma). Sie verlangt einen Wassergehalt des Tabaks von mindestens 26 Proz. und nicht über 32 Proz., sowie sauere Reaktion. Bei 40° gedeiht sie nicht mehr, würde also auch von den äußeren Büscheln der fermentierenden Stöcke durch Halten dieser Temperatur in den Fermentationsräumen sich fernhalten lassen. In Zigarren wäre der Wassergehalt auf 25 Proz. herabzumindern. Befallene Tabake müssen pasteurisiert werden.

Für die speziellen Gärungen, welche der für Schnupf- und Kautabakfabrikation bestimmte Tabak durchmacht, liegen von französischer Seite eine Zahl von Arbeiten vor. Diese Gärungen werden ähnlich wie bei der Veredelung des Rauchtabaks eingeleitet. Diejenigen, welche speziell der Schnupftabakfabrikation eigentümlich sind, können wir unterscheiden, je nachdem der Tabak im fein zerschnittenen oder gepulverten Zustande fermentiert wird, oder ob er, in die Form sog. Karotten gebracht, eine noch länger dauernde langsame Fermentation durchmacht.

Mit Rücksicht auf die lange Zeit, welche die Fabrikation von Karottentabaken in Anspruch nimmt, und auf den infolgedessen eintretenden Zinsverlust hat man sich jetzt meist der ersteren Methode, der Fabrikation des **Râpé**, zugewandt, und insbesondere stellt auch die französische Regie den meisten Schnupftabak nach dieser Methode her, ein Umstand, dem wir eine Anzahl ausgezeichneter Arbeiten über die dabei stattfindende Gärung verdanken. Die Temperatur steigt hier viel höher als bei der ersten Fermentation, und es können auch Fälle von Selbstentzündung vorkommen. Bezüglich des Einflusses der Luft auf die Gärung des Schnupftabaks haben Pinat und Grouvelle (1) gezeigt, daß nur in einer Zone, die in gewisser Entfernung von der an die Luft grenzenden, Wärme ausstrahlenden Oberfläche beginnt und ebenso nach dem Innern des Haufens hin begrenzt ist, die Gärung eine relativ schnelle und zufriedenstellende ist. Belhomme (1) hat durch Versuche die hohe Wichtigkeit des richtigen Wassergehaltes für die Schnupftabakfermentation bewiesen. Schon geringe Unterschiede von 1 Proz. riefen große Schwierigkeiten und lästige Unannehmlichkeiten bei der Fermentation hervor. Wichtiger als die eben erwähnten Untersuchungen sind jedoch die Arbeiten Schlösing's.

Schon der ältere Schlösing hat den Chemismus der Râpéfermentation behandelt und gefunden, daß die Schnupftabakfermentation wesentlich in einer lebhaften Verbrennung der organischen Substanz auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs besteht. Schlösing fils (1), dessen erster Arbeit dies entnommen ist, stellte sich dann die Frage, ob die Fermentation ein rein chemischer Vorgang sei, oder ob sie auf der Entwicklung und Tätigkeit von Mikroorganismen beruhe. Er kommt auf Grund seiner Versuche zu einer vermittelnden Ansicht. Größere Mengen Schnupftabak vom üblichen Feuchtigkeitsgrad (ca. 30 Proz.) werden in Metallgefäße eingeführt, zum Teil bei 115—120° C unter einem Ueberdrucke von einer Atmosphäre sterilisiert und dann Luft durchgeleitet, und zwar mittels eigens konstruierter Apparate durch alle Gefäße einer Versuchsreihe in der Zeiteinheit gleich viel Luft. Bei einem Teil der Versuche wird dem sterilisierten Tabak in einem Apparat nachträglich etwas fermentierender Schnupftabak beigemischt. Die eingetretene Fermentation wird in den Versuchsreihen, in denen eine konstante Temperatur (40 oder 70°) angewandt wurde, durch die entwickelte Kohlensäure, in der Versuchsreihe, in der die Gefäße nur durch Einsenken in Sägemehl

vor Wärmeabgabe geschützt wurden, durch die eintretende Selbsterwärmung gemessen. Im letzteren Versuche wurde die Entwicklung von Mikroorganismen in einem Teile der Tabakproben durch Chloroformdämpfe verhindert. Die Resultate der vier durchgeführten Versuchs-
5 reihen, die zum Teil mehr als 5 Monate dauerten, gibt Schlösing mit folgenden Schlußworten an: „La combustion lente qui s'accomplit dans les masses de tabac pour poudre commence à la température ordinaire sous l'influence dominante de ferments organisés. A partir d'une certaine température non encore exactement fixée, supérieure à 40°, in-
10 férieure à 70° et très probablement même à 50°, elle ne consiste plus qu'en une action purement chimique à laquelle les organismes vivants restent étrangers.“

Der Beweis für diese Ansicht ist exakt geführt, im Falle wirklich, wie Schlösing angibt, das $1^1/_2$ stündige Erhitzen genügt hat, den sämt-
15 lichen Tabak (3,86—10 kg) der betreffenden Apparate zu sterilisieren. Im anderen Falle könnte immerhin die bei 70° stattfindende kräftige Fermentation auch auf der Tätigkeit thermophiler Bakterien beruhen, die bei dieser Temperatur das Optimum ihres Gedeihens fänden.

In der Fortsetzung der Untersuchungen beschreibt Schlösing (2)
20 weitere Versuche. Zunächst zeigte sich, daß die Kohlensäureentwicklung, also die Fermentation, ganz gleich stattfindet, ob man den zu fermentierenden Tabak (nicht sterilisiert) infiziert mit Schnupftabak aus ganz verschiedenen Zonen eines fermentierenden Stockes oder nicht, natürlich bei gleicher Temperatur (36° C). Die Organismen, welche die
25 Fermentation einleiten, müssen also im Tabak sehr gleichmäßig verteilt sein. Weitere Versuche behandeln die Frage der Fermentation bei verschieden hohen Temperaturen, und zwar wurden zunächst je eine sterilisierte (115°) und eine unsterilisierte Probe unter stetem Durchleiten von Luft bei 39, 70 und 80° gehalten. Es zeigte sich zunächst, daß
30 die rein chemische Verbrennung (im sterilisierten Tabak) sich mit der Temperatur schnell steigert, und daß die Atmungs- und Gärtätigkeit der Mikroorganismen, welche zusammen mit der rein chemischen Verbrennung in der Kohlensäureproduktion der nicht sterilisierten Tabakproben ihren Ausdruck findet und bei 39° sehr bedeutend ist, bei 70°
35 vollständig verschwindet. So betrug die Kohlensäureproduktion, bezogen auf 1 kg trockenen Tabak und 24 Stunden, am 16. Tage bei 39° C für den sterilisierten Tabak 0,14 g, für den nicht sterilisierten 1,18 g, bei 70° dagegen für den ersteren 1,26 g, für den letzteren 1,16 g und bei 80° für ersteren 3,14 g, für letzteren 3,04 g. Auch bei 100°, wo Or-
40 ganismentätigkeit so gut wie sicher ausgeschlossen ist, fermentierte der Tabak unter noch weit kräftigerer Entwicklung von CO_2 sehr gut und hatte bereits in 10—12 Tagen die Eigenschaften eines guten Schnupftabaks angenommen, ein Ziel, das beim gewöhnlichen Verfahren erst nach 2 Monaten erreicht wird.

45 In einer dritten Arbeit führt Schlösing (3) weiter den Beweis, daß bei der Fermentation des Schnupftabaks in der Praxis ein Teil der entbundenen Kohlensäure aus der organischen Substanz des Tabaks selbst ohne Beteiligung des atmosphärischen Sauerstoffs entsteht, vielleicht also durch die Tätigkeit anaërobiotischer Organismen entbunden wird.
50 Brennbare Gase werden nicht gebildet. Schlösing bildet auch einige mit Hilfe von Gelatineplatten isolierte Bakterien, ein Stäbchenbakterium und einen Diplokokkus, ab, die in fermentierendem Tabak sich in Unmasse finden sollen. Ihr Wachstumsoptimum lag bei 35° C.

Weniger Material liegt vor für die Frage nach den weit länger dauernden Gärungen in den Karottentabaken. **Karotten** werden in der Weise hergestellt, daß man aus einer größeren Menge von saucierten und noch feuchten Blättern ein Bündel bildet von der Form eines beiderends zugespitzten Zylinders, einer sog. Puppe, die in Leinen ge- 5 hüllt und mit Bindfaden umschnürt wird. Dann wird die Karotte gepreßt und entsprechend stärker geschnürt, was eventuell mehrere Male wiederholt wird. Endlich läßt man die Karotten, wohlverpackt und vor Austrocknen geschützt, mehr oder minder lange lagern; selbst jahrelange Aufbewahrung schadet der Qualität nicht, verbessert sie im 10 Gegenteil. Eine gute Karotte muß sich in der Mitte wie Speck schneiden, woraus man auf ihren Feuchtigkeitsgehalt (in einem vom Ref. bestimmten Falle 29,09 Proz.) schließen kann.

Daß Gärungen bei der Veredelung des Tabaks durch Karottieren eine Rolle spielen, ist wohl fragelos. Welcher Art dieselben sind, ist 15 noch unbekannt. BEHRENS (4) kam durch verschiedene Umstände auf die Vermutung, es möge sich dabei, vielleicht neben anderen Gärungen, auch um eine alkoholische Gärung handeln. Dafür spricht einmal die Tatsache, daß Alkohol und alkoholische Flüssigkeiten einen häufigen Bestandteil der Schnupftabaksaucen bilden, ein Hinweis darauf, daß der 20 Alkohol vielleicht kein ganz gleichgültiger Bestandteil eines Schnupftabaks ist. Andere Saucen enthalten regelmäßig Zuckerzusätze oder doch Zusätze von Fruchtsäften, Syrup, Honig und sonstigen gärfähigen Sachen, wie bereits erwähnt ist. Dazu kommt, daß auch der Zusatz von Weinhefe bei der Schnupftabakfabrikation häufig in Anwendung 25 gebracht wird, wofür wieder auf WAGNER (1) und HERMBSTÄDT (1) verwiesen werden mag. Es ist auch, wie KOLLER (1) und WAGNER (1) übereinstimmend angeben, nicht gleichgültig, was für eine Hefe, ob eine Bier- oder eine Weinhefe, man verwendet; Bierhefe verleiht dem Schnupftabak einen unangenehmen Geruch, was sich vielleicht dadurch erklärt, 30 daß, wie bekannt, verschiedene Hefen in gleichen Kulturflüssigkeiten etwas verschiedene Bouquetstoffe erzeugen.

In einer Karotte, welche BEHRENS untersuchte, wurde von den Produkten der alkoholischen Gärung des Zuckers Alkohol sicher nachgewiesen und das Vorkommen von Glyzerin wenigstens wahrscheinlich 35 gemacht. Von Organismen, welche Urheber der Alkoholgärung hätten sein können, wurde jedoch nur *Mucor racemosus*, keine Hefe gefunden, deren Keime jedoch nach späteren Beobachtungen auf grünen und trocknenden Tabakblättern — andere wurden nicht untersucht — gar nicht selten vorkommen. Der *Mucor* entwickelte sich auch regelmäßig 40 in Tabak, der mit Zuckerlösung durchtränkt und dann in Bechergläser eingepreßt wurde, um die Luft möglichst abzuschließen, und erregte hier ebenfalls alkoholische Gärung. Das läßt den Schluß auf ein allgemeines Zustandekommen alkoholischer Gärungen in Tabak, der mit zuckerhaltigen Saucen imprägniert ist, als nicht ganz aus der Luft ge- 45 griffen erscheinen.

Auch MICIOL (1) hat in seinem Aufsatze das häufige Vorkommen von *Mucor*arten, die er mit *Mucor mucedo* L. und *M. flavidus* PERS. identifiziert, auf Tabak, speziell auf Karotten und gärenden Schnupftabakstöcken, erwähnt. Eine Rolle bei der Gärung schreibt er den 50 Pilzen nicht zu, hält sie überhaupt für harmlose Bewohner des Tabaks. Uebrigens läßt seine Schilderung, in der er das Mycel z. B. schildert als bestehend aus länglichen Zellen, die sich leicht vereinzeln, es minde-

stens als sehr fraglich erscheinen, ob er wirklich Mucorineen vor sich gehabt hat. Wie es scheint, hat er jedenfalls auch Pilze der Gattung *Aspergillus* mit jenen verwechselt.

Auch der Kautabak, zu dem man nur Schwergut verwendet, wird 5 vor dem Spinnen der Rollen mit zuckerhaltigen Flüssigkeiten sauciert, denen außerdem aromatische Bestandteile zugesetzt werden. Sicherlich gehen in den Rollen Gärungsvorgänge vor sich, über die indessen nichts bekannt ist. Verluste können durch Schimmel verursacht werden, der sich auf den Rollen gern ansiedelt.

Literatur

zum Kapitel Mykologie der Tabakfabrikation.

***Behrens,** J., (1) Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenkunde, 1892, Bd. 11, S. 335. — (2) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1893, Bd. 3, S. 82. — (3) Landw. Versuchsstationen, 1893, Bd. 43, S. 293. — (4) Landw. Versuchsstationen, 1895, Bd. 46, S. 163. — (5) Centralbl. f. Bakt., II. Abt., 1896, Bd. 2, S. 514. — (6) Landw. Versuchsstationen, 1899, Bd. 52, S. 213. — (7) Landw. Versuchsstationen, 1899, Bd. 52, S. 223. — (8) Landw. Versuchsstationen, 1899, Bd. 52, S. 431. — (9) Südd. Tabakztg., 1899, Nr. 67/69 (Koch's Jahresber., 1899, Bd. 10, S. 287). — (10) Centralbl. f. Bakt., II. Abt., 1901, Bd. 7, S. 1. — (11) Jahresber. der Versuchsanstalt Augustenberg über das Jahr 1902, S. 30. ***Belhomme,** (1) Mémorial des manufactures de l'état, T. I, S. 346. ***Breda de Haan, J. van,** (1) Vorloopig rapport over de bibitziekte in de tabak. Batavia-s'Gravenhage, 1893. — (2) Mededeelingen uit s'Lands Plantentuin, 1896, XV. De bibitziekte in de Delitabak veroorzaakt door Phytophthora Nicotianae. ***Davalos,** J, N., (1) Cronica méd.-quirúrgica de la Habana, 1892, Nr. 15. Nach Centralbl. f. Bakt., 1893, Bd. 13, S. 390. ***De Toni,** J. B., (1) Le stazioni sperim. Ital., 1891, Vol. XX, Fasc. 5. — (2) Riv. Ital. di Scienze Naturali di Siena, 1891, Anno XI, Fasc. 6. ***Fesca** und **Imai,** (1) Landw. Jahrbücher, 1888, Bd. 17, S. 329. ***Fraenkel** und **Wogrinz,** (1) Monatsh. f. Chem., 1902, Bd. 23, S. 236. ***Fries,** (1) Anleitung zum Tabaksbau und die Fermentation des Tabaks. Stuttgart 1856. ***Giesecke,** H., (1) Mitteilung der Firma . . . . „Ueber die Edelfermentation des Tabaks" (ohne Jahr). ***Hanausek,** T. F., (1) Z. f. Nahrungsmittelunters. etc., 1891, S. 219. ***Hermbstädt,** S. Fr., (1) Gründliche Anleitung zur Kultur der Tabakpflanzen usw. Berlin 1822. ***Hunger,** F. W. T., (1) Over de temperatuurgrens der werking van eenige oxydeerende enzymen. Handelinge van het zesde Vlaamsch Natuur-en genees-kundig Congreß. 28. Sept. 1902. ***Jensen,** Hj., Verslag omtrent den staat van S'Lands Plantentuin te Buitenzorg over het jaar 1901, S. 129. ***Johnson,** S. W., (1) Connecticut state station, Report for 1892, S. 28 ff. ***Kissling,** R., (1) Der Tabak im Lichte der neuesten naturwissenschaftlichen Forschung. Berlin 1893. ***Klein,** L., (1) Fünfter Bericht der landw.-bot. Versuchsanstalt Karlsruhe. Karlsruhe 1896. ***Koller,** (1) Der Tabak in naturwiss., landw. und techn. Beziehung. Augsburg 1858. ***Koning,** C. J., (1) De gisting onzer inlandsche tabak. Tijdschr. voor toegepaste scheikunde en hygiene. Deel. I, 1897. — (2) Hollandsche tabak. De Natuur 1897. — (3) Hollandsche tabak II. De Natuur 1898. — (4) Hollandsche tabak. De indische Mercuur van 8. Juli 1899. — (5) Der Tabak. Amsterdam und Leipzig 1900. ***Loew,** Oscar, (1) U. S. Department of Agriculture. Report Nr. 59. Washington 1899. — (2) Südd. Tabakztg. 1899, Nr. 78. — (3) Centralbl. f. Bakt., II. Abt., 1900. Bd. 6, S. 108. — (4) Ebenda, S. 590. — (5) U. S. Department of Agriculture. Report Nr. 65. Washington 1900. — (6) Centralbl. f. Bakt., II. Abt., 1901, Bd. 7, S. 674. — (7) U. S. Department of Agriculture. Report Nr. 68. 1901. — (8) Bolletino tecnico della coltivazione dei tabacchi, Anno II, 1903, S. 81. ***Miciol,** (1) Mémorial des manufactures de l'état, 1891, T. II, S. 182. ***Mohr,** E. C. J., (1) Verslag omtrent den staat van S'Lands Plantentuin te Buitenzorg over het jaar 1899, S. 82. ***Müller-Thurgau,** H., (1) Landw. Jahrbücher, 1885, Bd. 14, S. 485. ***Neßler,** J., (1) Der Tabak, seine Bestandteile und seine Behandlung. Mannheim 1867. — (2) Wochenblatt des landw. Vereins in Baden, 1889, S. 635. — (3) Ueber Tabakbau. Vortrag. Jahrb. d. D. Landw.-Ges., 1890. — (4) Landw. Versuchsstationen, 1892, Bd. 40, S. 395. ***Oudemanns,** C. A. J. A., (1) Beihefte zum bot. Centralbl., 1901/1902, Bd. 11, S. 523. ***Oudemanns,** C. A. J. A. und **Koning,** C. J., (1) Versl. Kon. Akad. v. Wetensch. Wis. en Nat. Afd. Amsterdam 1903, S. 48. — De indische Mercuur van 30. Juni 1903. ***Pinat** et **Grouvelle,** (1) Mémorial des manufactures de l'état, 1889, T. II, S. 13. ***Raciborski,** M., (1) Verslag omtrent den staat van s'Lands Plantentuin over het jaar 1898, S. 83/84. ***Schlösing,** Th., (1) Mémorial

des manufactures de l'état. Tabacs. 1884—1888, T. I, S. 514. — (2) Ibidem., 1889, T. II, S. 119. — (3) Ibidem., 1891, T. II, S. 192. ***Semler,** (1) Tropische Agrikultur, I. Aufl., Bd. III, Wismar 1888, S. 305. ***Splendore,** A., (1) Sopra una nuova specie di „Oospora". Estratto della Rivista tecnica e di Amministrazione per i servizi delle privative finanziarie. Roma 1899. — (2) Bolletino tecnico della coltivazione dei tabacchi. Anno I, 1902, S. 71. — (3) Bolletino tecnico. Anno I, 1902, S. 301. ***Sturgis,** W. C., (1) Pole burn of tobacco. Annual report of the Connecticut Agric. Exp. Station for 1891. New Haven 1892, S. 168. — (2) Stem rot. Ibidem, S. 184. ***Suchsland,** E., (1) Ber. d. D. bot. Ges., 1891, Bd. 9, S. 79. — (2) Ueber einen neuen Gesichtspunkt, die Qualität der Tabakfabrikate zu heben. Halle (Selbstverlag) 1892. — (3) Ueber das Wesen der Tabakfermentation. Periodische Mitteilungen des Tabakvereins Mannheim, Nr. 38, 1892. — (4) Ueber die Edelfermentation der deutschen Tabake. Vortrag, gehalten in Cassel. 1892 (Selbstverlag). — (5) Beobachtungen über die Selbsterwärmung des fermentierenden Tabaks. Sep. aus Festschrift der Latina zur 200jährigen Jubelfeier der Universität Halle/Wittenberg. 1894. ***Tscherbatscheff,** W., (1) Landw. Jahrbücher, 1875, Bd. 4, S. 77. ***Vedrödi,** V., (1) Zeitschr. f. analyt. Chem., 1896, Bd. 35, S. 309. ***Vernhout,** J. H., (1) De Beteekenis der microben voor de industrie. Batavia 1897. — (2) Teysmannia. Jahrg. 1898, Nr. 2/3. Rapport over het bacteriologisch onderzoek van gefermenteerde tabak. — (3) Mededeelingen uit s'Lands Plantentuin. 1899. XXXIV: Onderzoek van bacterien bij de fermentatie der tabak. ***Wagner,** L. **von,** (1) Tabakkultur, Tabak- und Zigarrenfabrikation. Weimar 1888.

(Manuskript-Einlauf: 9. Januar 1904.)

2. Kapitel.

Mykologie der Gerberei.

Von Reg.-Rat W. Eitner,

Direktor der k. k. Lehr- und Versuchs-Anstalt für Lederindustrie in Wien.

§ 4. Haltbarmachung der Rohhäute.

Die Gerberei ist eine Industrie, in welcher mit der Tätigkeit verschiedener Arten von Mikroorganismen zu rechnen ist und wobei ein Teil derselben bekämpft, ein anderer aber zur Mithilfe herangezogen wird. Eine der Hauptaufgaben der Gerberei ist es, die tierische Haut so zu behandeln, daß sie der Zersetzung durch Fäulnis, welcher sie in ihrem natürlichen Zustand sehr leicht verfällt, möglichst großen Widerstand leistet, zugleich aber auch Eigenschaften erhält, durch welche das aus ihr gewonnene Leder den verschiedenen Zwecken dienen kann. Bekämpft müssen hier vor allem anderen jene Mikroorganismen werden, welche die das Hautgewebe bildenden geformten Teile der Lederhaut durch Auflösen zerstören können; für gewisse Zwecke aber solche, welche die plasmatischen Bestandteile der Hautfasern verflüssigen, wodurch diese der Haut verloren gehen. Planmäßig benützt wird andrerseits in der Gerberei die Tätigkeit von Mikroorganismen für die Erzielung gewisser spezifischer Eigenschaften, durch welche dann das Leder den Charakter einer bestimmten Sorte, z. B. den des Sohlleders oder des Oberleders, erhält.

Da die tierische Haut von dem Moment an, in welchem sie ihrem Träger abgezogen wurde, der Einwirkung von Mikroorganismen ausgesetzt ist, und zwar gerade jener, welche sie durch Fäulnis entweder zu schädigen oder zu zerstören vermögen, so muß sie, wenn sie nicht sofort, d. h. nach nur wenigen Stunden, zur Einarbeitung gelangt, gegen die obige Einwirkung geschützt, also konserviert werden. Dieselben

Spaltpilze, respektive Saprophyten, welche Fleisch und andere tierische Gewebe in Fäulnis versetzen, sind es, welche auch die Haut schädigend angreifen. In wärmerer Jahreszeit tritt an der Haut merkliche Fäulnis schon nach zwei Tagen, in kälterer Jahreszeit oder in kalt gehaltener Umgebung etwas später ein. Die Fäulnis ist zuerst auf der Haarseite wahrnehmbar, wo sie auch stets intensiver auftritt als auf der Fleischseite, weil jene von den zahlreichen, zwischen den Haaren sich befindlichen Keimen zuerst infiziert wird. Die für längere Aufbewahrung bestimmten Häute müssen daher konserviert werden.

Die älteste Konservierungsart für tierische Haut ist das **Auftrocknen,** bei welcher Operation die Haut gegen 60 Proz. Wasser abgeben muß, wenn sie normal getrocknet und damit gegen Einwirkung von Mikroorganismen gesichert sein soll. Der Wassergehalt genügend durch Auftrocknen konservierter Haut liegt bei 12 Proz. Enthalten die getrockneten Häute höhere Prozentsätze von Feuchtigkeit, dann erleiden sie bei weiterer Aufbewahrung ebenfalls Schädigungen. Beträgt der Wassergehalt der Trockenhaut zwischen 16 und 20 Prozent, so können zweierlei Arten von Schädigungen eintreten. In dem einen Fall, wenn die Feuchtigkeit durch die ganze Hautmasse gleichmäßig verteilt ist, tritt bei der Lagerung der Häute durch die Wirkung thermogener Bakterien Selbsterhitzung ein, durch welche eine molekulare Umsetzung der leimgebenden Substanz (Bindegewebe) sich vollzieht und eine sogenannte Verleimung der Fasern stattfindet. Diese kann eine vollständige sein, wobei das ganze Hautgewebe in eine sulzige Masse (Leim) verwandelt wird, oder eine unvollständige, bei welcher zwar die Form der Hautfasern noch erhalten bleibt, die letzteren aber ihre Gerbfähigkeit ganz einbüßen. Das eben besprochene Vorkommnis tritt in der Regel bei leichteren Häuten (Fellen) auf.

Bei schweren dicken Häuten, insbesondere jenen exotischer Provenienz (südamerikanische Wildhäute, indische Büffelhäute), äußert sich die mangelhafte Auftrocknung anders. Diese Häute sind immer in den Außenpartien gut getrocknet, nur in ihrem Innern bleibt eine Schichte, welche mehr oder weniger feucht ist. In dieser feuchten Schichte tritt eine Gärung durch anaerobe Bakterien ein, welche diese Schichte des Hautgewebes in eine käsige Masse verwandeln, die auch intensiven Käsegeruch zeigt. Die Haut spaltet sich, wenn sie erweicht wird, an jenen Hautstellen, an denen obige Gärung stattgefunden hatte, in zwei Teile.

Eine andere Konservierung der Häute, welche gegenwärtig am meisten angewendet wird, ist das **Salzen,** bei welchem die Haut auf der Fleischseite mit Salz eingerieben wird. Letzteres wirkt wie bei anderen damit vorgenommenen Konservierungen durch Wasserentziehung. Eine noch nicht angefaulte Haut bedarf für eine genügende Konservierung 20 Proz. ihres Gewichtes an Salz. In ähnlicher Weise wie Kochsalz wirkt durch Wasserentziehung das calcinierte Glaubersalz antiseptisch. Auch gebrannter Gips wird (in Indien) als wasserentziehendes Mittel zur Förderung des Auftrocknens der Häute benützt. Arseniksaure Salze und Quecksilbersalze, welche früher als Konservierungsmittel dienten, werden nicht mehr benützt, dagegen wird neuerer Zeit Pikrinsäure verwendet.

Die oben erwähnte käsige Gärung tritt auch im Innern von gesalzenen Häuten auf, wenn diese nicht genügend gesalzen waren, und zwar mit dem ganz gleichen Effekt des Auseinanderspaltens der Ware.

In neuester Zeit werden in Argentinien die Häute vor dem Ein-

salzen sterilisiert, indem man sie in geschlossenem Raum den Dämpfen von Formaldehyd aussetzt. Dieselbe Behandlung erfahren auch Häute, welche aus verseuchten Gegenden stammen z. B. aus Indien, wenn dort Pest oder Cholera herrscht. Es ist indes nie Pest oder Cholera durch Häute verschleppt worden. Dagegen kommen in Gerbereien nicht selten Ansteckungen mit Milzbrand vor. Solche Häute werden mit Erfolg durch fraktionierte Behandlung mit Formaldehyddämpfen ungefährlich gemacht.

§ 5. Zersetzungsvorgänge in der Weiche, beim Schwitzen, im Aescher und bei der Reinmacharbeit.

Getrocknete Häute müssen, ehe sie in der Gerberei verarbeitet werden können, wieder aufgeweicht werden, bei welcher Gelegenheit sie abermals der Einwirkung von Bakterien und deren Ausscheidungsprodukten ausgesetzt sind. Die Einwirkung auf die Häute in der **Weiche** ist um so intensiver, je älter dieselbe ist und je länger die Häute in ihr verweilen. Auch die Temperatur spielt hierbei eine Rolle. Dem Hautgewebe wird in der Weiche vornehmlich plasmatische Substanz entzogen. Um den Gefahren einer derartigen Weiche zu entgehen, benützt man die *angeschärften Weichen*, d. h. solche Weichbrühen, welche mit 1—2 Proz. Schwefelnatrium oder Aetznatron versetzt sind. Diese Weichen arbeiten bedeutend schneller und entziehen der Haut keine wertvollen Bestandteile; auch sind sie relativ nicht reich an aktiven Mikroorganismen. Für die Förderung der Erweichung der Häute werden auch mechanische Behelfe herangezogen. Gesalzene Häute erweichen rasch und ungefährlich in bloßem Wasser.

Die weichgemachte Haut muß nun enthaart werden. Dies kann entweder durch Schwitzen oder im Aescher bewirkt werden. Das **Abschwitzen** der Haare ist ein planmäßig vorgenommener Fäulnisprozeß, bei welchem als Substrat für die Zersetzung die Schleimschichte der Oberhaut dient, durch deren Auflösung der Zusammenhang zwischen Epidermis und Lederhaut aufgehoben wird. Da nun die Haare nur in Epidermisschichten sitzen, die in der Lederhaut eingestülpt sind, so müssen auch jene ihre Befestigung verlieren. Obschon nach den Untersuchungen von Andreasch an geschwitzten Häuten vielerlei Arten von Bakterien vorkommen, so sind es doch zumeist *Proteus vulgaris* und *Proteus mirabilis*, welche den Hauptanteil an der Zersetzung der Schleimschichte der Oberhaut nehmen. Das Abschwitzen der Häute ist ein gefährlicher Prozeß, da hierbei sehr leicht auch die Lederhaut von der Fäulnis ergriffen und zerstört werden kann. Diese Gefährlichkeit wurde bedeutend verringert durch die sogenannte *kalte Schwitze*, welche in Räumen vorgenommen wird, in welchen viel Wasser, durch geeignete Vorrichtungen (Sprayapparate) in feine Verteilung gebracht, enthalten ist, und in welchen weiter infolge der Bindung von Wärme durch das fein verteilte Wasser Temperaturen unter 12 ° C herrschen. Unter diesen Umständen geht der Schwitzprozeß in der gleichen Zeit, aber viel sicherer vor sich. Auch hier wurde von Andreasch der *Proteus* als wirksamer Organismus gefunden.

Die Lösung der Schleimschichte der Oberhaut wird auch auf chemischem Wege durch Alkalien herbeigeführt; dies geschieht im **Aescher.** Kalk und Schwefelmetalle wirken hier am besten, in erster Linie das

Calciumhydrosulfid. In Kalkäschern können zwar immer lebensfähige Bakterien nachgewiesen werden, welche durch die Häute und aus der Luft in dieselben gelangen, doch sind dies zumeist solche Arten, welche Gelatine nicht verflüssigen. ANDREASCH gibt als hier vorhanden an: *Bacterium arborescens*, *Bac. subtilis*, *Sarcina alba* und *Sarcina aurantiaca*. In alten Aeschern kommen hingegen auch andere Bakterien vor, welche hauptsächlich, wie es die praktische Erfahrung dartut, die Plasmasubstanz der Haut angreifen und die Häute daran entleeren. Die moderne Gerberei arbeitet demnach entweder in stets frisch gehaltenen reinen Kalkäschern oder in mit Schwefelmetallen (Schwefelnatrium, Schwefelcalcium, Schwefelarsenik), angeschärften Aeschern. Bei den Arsenikäschern will man der Anwesenheit des Arseniks eine konservierende Wirkung für den Aescher zuschreiben, was aber weder bewiesen noch wahrscheinlich ist, weil hierbei das verwendete Arsenbisulfid ($As_2 S_2$) unter Bildung von Calciumhydrosulfid in Reaktion tritt, während das schwarze, arsenhaltige Nebenprodukt vollkommen unlöslich und demnach unwirksam ist.

Die enthaarten Häute werden gewaschen, d. h. für einige Zeit in Wasser gelegt, um den in ihnen enthaltenen Kalk auszuwässern; es tritt hierbei zunächst die Frage nach der Beschaffenheit des Betriebswassers in bakteriologischer Beziehung heran. Die verschiedenen Wässer enthalten mitunter zahlreiche Mikroorganismen, darunter auch solche, welche die Haut mehr oder weniger intensiv angreifen. Der Angriff richtet sich bei manchen Arten derselben bloß auf die Plasmasubstanz, welcher Angriff öfters erwünscht ist (z. B. für Oberleder, nicht aber für Sohlleder) und wo dann das Wasser als günstig für gewisse Betriebe bezeichnet wird. Andere Arten aber greifen das ganze Hautgewebe an und zerstören dasselbe in einer den einzelnen Arten eigentümlichen Weise. Einige gehen mit ihren Kolonien in die Breite der Haut, andere hingegen arbeiten in die Tiefe, so daß sie bald Löcher in der Haut ausätzen. Zu ersteren Arten gehören z. B. der weiße Bazillus MASCHEK, der gasbildende Bazillus EISENBERG's, *Bac. dentriticus*; zu letzteren der *Bac. lactis albus* und eine Anzahl Kokken. Die angegebene Wirkung der Wasserbakterien macht sich auf den Blößen nur dann geltend, wenn letztere in ruhendem Zustande sich längere Zeit (über 12 Stunden) in Wasser befinden. Man hat sich neuerer Zeit in der Gerberei dadurch von der Qualität des Wassers unabhängig gemacht, daß man dem Wasser solche Säure zusetzt, welche mit dem in den Blößen enthaltenen Kalk lösliche Salze bildet, und weiter, daß man die Blöße im Haspel bewegt, wodurch der Reinmachprozeß in so kurzer Zeit ausgeführt ist, daß selbst ein ungünstiges Wasser nicht schaden kann.

§ 6. Die Mistbeizen.

Für die Herstellung jener Ledersorten, welche sich durch Weichheit, Zügigkeit und Geschmeidigkeit auszeichnen sollen, ist es nötig, daß die Blöße eine besondere Präparation erfährt, welcher in dem sog. **Beizen** besteht. Zweck des Beizens ist, daß ein Teil der plasmatischen Substanz der Hautfasern, namentlich jener, welcher das Zusammenhalten der Fibrillen zu primären und sekundären Faserbündeln bewirkt, gelöst und entfernt wird, wodurch entweder die sekundären Bündel oder sogar die Fibrillen, je nach Bedarf, isoliert werden. In je feinere Elemente

die Bündel zerlegt werden, desto milder und weicher wird das Leder. Die Lösung der plasmatischen Substanz wird in den Beizen teils unmittelbar durch die Bakterien selbst, teils durch Enzyme, welche die ersteren bildeten, bewirkt. Als Substrate für die Gärung in den Beizen wird Dünger, gewöhnlich Tauben- oder Hühnermist oder auch, und zwar für gewisse Zwecke, Hundedünger verwendet. Ueber diese Beizen hat J. Wood (1) in Nottingham wertvolle Arbeiten geliefert. Er fand in Hundemist 85 Proz. Wasser, 10 Proz. organische und 5 Proz. mineralische Substanz. Die organische Substanz besteht aus: Säuren (Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Valeriansäure, Milchsäure, Malonsäure, Weinsäure, Citronensäure), Amidoverbindungen (Leucin, Tyrosin, Glutaminsäure, Glutamin, Asparagin, Glycocoll), Basen (Amine, Skatol, Indol, Ammoniak). Die Säuren sind zum großen Teil an alkalische Erden und Amine gebunden. Die freien Säuren dienen in der Beize zur Bindung des Kalkes in den Blößen. Sterilisierte Beizbrühe wirkt ungenügend lockernd auf die Blößen, daher angenommen werden muß, daß auch der Tätigkeit der Bakterien in der Beize ein Anteil an deren Wirkung zuzuschreiben ist. An Bakterien fand Wood ca. 40 Arten in einem Infusum von Hundemist, darunter die meisten Arten der Luft- und Wasserbakterien. Andreasch (1) gab als die hauptsächlich in normaler Mistbeize wirkenden Arten *Micrococcus prodigiosus, Bacillus megaterium, Bac. subtilis, Bac. aerogenes, Bac. gasoformans* an.

Bei einem Versuch, bei dem in der Beize sowohl die Enzyme der Mistbeize als auch die Amidokörper fehlten, war das Resultat ebenfalls ungenügend, so daß Wood die volle Beizwirkung als Produkt der Wirkungen von Bakterien und von Enzymen ansieht, womit Wood meinen früher (1) ausgesprochenen Ansichten beistimmt. Daraus erklärt sich die Verschiedenartigkeit der Wirkung zwischen Hundemist und Vogelmist, da in beiden Arten verschiedene Nährsubstrate vorwalten und daher verschiedene Enzyme entstehen. Ein Vorherrschen einzelner Bakterienarten in den obigen Mistarten ist schwer festzusetzen, weil diesbezüglich jeder Ansatz derselben Mistsorte sich verschieden verhält.

Zuweilen treten aber in den Mistbeizen, wie dies ja leicht möglich ist, Bakterien auf, welche das Hautgewebe selbst angreifen und dieses mehr oder weniger beschädigen und schließlich sogar zerstören können. Es sind dies zumeist jene, welche schon im Wasser in gleicher Art wirken und oft mit diesem in die Beize gelangen; in der Regel sind es Kokken, welche hier schädlich wirken und namentlich das Narbengewebe angreifen.

Die Gefährlichkeit des Beizprozesses für die Haut sowohl als auch das unappetitliche Hantieren mit dem Mist, dann auch der Gestank, welchen diese Beizen verbreiten, machte es schon längst wünschenswert, diese Operation auf andere Art auszuführen und es wurden auch viele **Surrogate** oder Ersatzmittel für die Mistbeize in Vorschlag gebracht. M. Benker und Sohn in Prag gaben 1874 an, daß sie in dem Peruguano, dessen Infusum sie mit Soda neutralisierten, gute Beizeffekte erzielten. Im Jahre 1881 brachte H. E. Simon unter dem Namen Phosphorbutyralin einen Hundemistersatz in Handel, welcher aus gegorenen Pektinkörpern, von der Zuckerfabrikation herrührend, bestand. Er befriedigte die Praxis nicht. Als gutes Ersatzmittel für die Kotbeize wurde von mir (2) eine aus dem in der Gerberei beim Strecken der Häute abfallenden Fleisch bereitete Bouillon, die mit einem Infusum von Hundemist in Gärung versetzt wird, angegeben. Neuester Zeit wird

als Hundekotersatz unter dem Namen Erodin ein Präparat in den Handel gebracht, welches durch Gärung von Fleischmehl und Knochenmehl mittels der Reinkultur eines besonderen Bakteriums (*Bact. erodiens*) hergestellt werden soll. Smaic (1) fand bei der Untersuchung desselben, 5 daß es durch Vergärung von Fleischmehl mit Hundekot dargestellt ist. Die Wirkung des Erodins ist eine gute.

§ 7. Die Kleienbeize und die kombinierten Beizen.

Manche Ledersorten, welche besonders zügig sein sollen, z. B. Handschuhleder, bedürfen neben der durch Mikroorganismen und Enzyme er- 10 haltbaren Lockerung noch eine andere, welche zwar gleichfalls durch Gärungsvorgänge hervorgerufen wird, die aber auf dynamischem Wege ihre Wirkung durch Ausdehnung des Fasergewebes üben. Es ist dies die **Kleienbeize.** Gut gewaschene Weizenkleie wird mit warmem Wasser übergossen, worauf man die Fellblößen in diese Beize einbringt. Es 15 tritt sehr bald eine Gärung ein, welche durch einen gasbildenden, von Wood als *Bac. furfuris* bezeichneten Spaltpilz hervorgerufen wird. Durch die hier reichlich entstehenden Gase (Wasserstoff, Kohlensäure, Methan) werden die Blößen sozusagen aufgeblasen, so daß sie später den zur Gerbung dienenden „Nahrungsbrei“ gut aufnehmen können. Mit dieser 20 Wirkung der gasförmigen Produkte des *Bac. furfuris* [1]) ist die Aufgabe der Kleienbeize beendet. Später treten in der Kleienbeize noch andere Gärungen ein, von welchen höchstens die nun nachfolgende Milchsäuregärung zuweilen ausgenützt wird, indem man sie zum Entkalken von Blößen, die aus dem Aescher kommen, verwenden kann. Sehr bald aber 25 beginnt hier die böse Wirkung des *Bacillus lactis albus*, welcher Löcher in die Blößen bohrt, so daß eine alt gewordene Kleienbeize viel gefährlicher ist als irgend eine Mistbeize. Statt der Milchsäuregärung tritt manchmal sofort Essigsäure- oder auch Buttersäuregärung ein, wonach die Blößen glasig aufschwellen und mürbe werden. Auch ereignet 30 sich manchmal ein plötzliches Faulwerden der Kleienbeize, wobei die Blößen bläulich anlaufen, löcherig werden und leicht zerreißen. Diese Vorkommnisse sind, da sie nur sporadisch auftreten, noch nicht studiert. Beim **Glasigbeizen** wurde konstatiert, daß durch Sproßpilze Alkohol gebildet und dieser rasch in Essigsäure umgewandelt wird [Eitner (3)].

35 Eine ganz eigentümliche Form von abnormer Wirkung der Kleienbeize tritt in Gerbereien häufig auf. Ohne daß an der Beizflüssigkeit selbst etwas wahrzunehmen wäre, zeigt sich an der Oberfläche eine schmierige, weißlich graue Schichte, welche anfänglich in kleinen Rasen auftritt, die allmählich anwachsen. Nach dem Abziehen der Blöße be- 40 merkt man, daß deren Narbe an allen jenen Stellen, welche von dem Rasen bedeckt waren, ihren Glanz verloren hat oder, wie man es nennt, blind geworden ist, welchen Fehler das Leder auch dann in gegerbtem Zustand zeigt. Dieser schleimige Rasen erweist sich bei der Untersuchung [Eitner (4)] als eine Zooglöa des *Bacillus megaterium*, welcher, 45 obwohl in den Betriebswässern häufig vorhanden, doch immer nur in der Kleienbeize zu größerer Entwicklung und zur Zooglöenbildung kommt. Gerbereien, welche ihr Betriebswasser aus Gerinnen beziehen, in welche die Abwässer aus oberhalb der Gerberei gelegenen Brauereien oder aus Stärkefabriken einfließen, haben periodisch mit diesem Uebel zu kämpfen. —

50 [1]) Zuf. Andreasch (1) ist *Bac. furfuris* identisch mit *Bac. gasoformans.*

Um bei der Herstellung solcher Ledersorten, welche zweimal gebeizt werden müssen, nämlich zuerst in der Mist-, dann in der Kleienbeize, diese Operation zu vereinfachen, wurden Vorschläge gemacht, beide Beizen zu vereinigen, also eine **kombinierte Beize** anzuwenden. Das erste diesbezügliche Verfahren wurde 1878 von KNAPP in Halberstadt angegeben und besteht darin, daß weißer Hundemist mit kaltem Wasser angerührt, dazu grobe Kleie gemengt und das Ganze vergären gelassen wird. Die vergorene Masse wird extrahiert, mit Natriumbikarbonat neutralisiert und dann damit die Beize warm angestellt. Bei richtigem Mischungsverhältnis (1 Teil Mist, 2 Teile Kleie) wirkt diese Beize zufriedenstellend in der Glacégerberei. Für Zwecke der Rotgerberei wird die Vergärung warm vorgenommen. Peptonisierung der Plasmasubstanz und Hebung des Hautgewebes durch Gase gehen hier gleichzeitig vor sich. Ein ehedem als Beizmittel angewandtes Material war ein Infusum von Haferstroh, welches man einige Zeit hindurch spontaner Gärung überließ. Der Verfasser (5) fand bei Untersuchung solcher Beizen, daß der hauptsächliche Gärerreger darin der Heubazillus, *Bacillus subtilis*, ist und stellte durch Versuche mit Reinkulturen davon fest, daß diesem Spaltpilz und seinen Enzymen eine sehr gute beizende Wirkung zukommt. Da aber Stroh ein sehr dürftiges Nährsubstrat ist, wurde versucht, mit günstigeren Nährböden konzentriertere Beizen für verschiedene Zwecke herzustellen.

Für Zwecke der Lohgerberei wurde eine Beize hergestellt, indem Bohnenmehl durch Heubazilluskultur vergären gelassen wurde. Diese vergorene Masse dient, mit Wasser verdünnt, als Beize. Billiger und für Rotgerbereien bestimmt ist folgender Beizansatz: Rohes, ungewaschenes Leimleder wird verkocht, das Gelée abgeseiht, mit Heubazillenkultur versetzt und vergären gelassen; nach zwei Tagen ist die Beize gebrauchsfähig. Für Zwecke der Glacégerberei wird mit diesem Ansatz eine kombinierte Beize angestellt, indem man dem vergorenen Leim Kleie zusetzt und dann sofort das Beizbad anstellt. Setzt man diesem Bad etwas Natriumthiosulfat zu, so entwickelt sich bei dieser Beize statt Wasserstoff und Sumpfgas Schwefelwasserstoff, welcher kalklösend wirkt, aber die Beize sehr übelriechend macht, so daß letzteres Experiment nur von theoretischem Interesse ist [EITNER (6)]. Eine Anzahl anderer Vorschläge und auch Patente auf Ersatzmittel für gärende Beizen sind in neuerer Zeit aufgetaucht, ohne aber in der Praxis Eingang zu finden, so daß sich diese immer noch der besprochenen Beizen bedienen muß.

§ 8. Gärungsvorgänge in den Gerbbrühen.

Ueber dieses wichtige Kapitel der Gerberei liegt eine bedeutsame Arbeit von FRIEDRICH ANDREASCH (1) aus den Jahren 1895—1897 vor, in welcher nicht nur über die Bildung von Säuren, die für die praktische Ausführung des Gerbprozesses von großer Wichtigkeit sind, sondern auch über andere, den Ausfall des Gerbprozesses stark tangierende Zersetzungserscheinungen wichtige Aufschlüsse geliefert wurden. Bei der Gerbung gewisser Ledersorten, in erster Linie von Sohlleder, dann auch von Treibriemen- und Zeugleder, ist nach den älteren Methoden die Mitwirkung von Säuren bei der Gerbung notwendig, wenn dem Leder die nötige Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Ausdehnung bei-

gebracht und dabei auch die möglichst intensive Gerbung erteilt werden soll. Durch die Säuren werden die Hautfasern in Schwellung versetzt, in welchem Zustand dieselben befähigt sind, am meisten Gerbstoff fest zu binden, wodurch eben ein steifes, zugfestes Leder entsteht. Bei 5 anderen Ledersorten hingegen, welche weich, milde und dehnsam sein sollen, z. B. Oberleder, ist die angegebene Wirkung der Säuren auf die Hautfasern nicht erwünscht. In den aus vegetabilischem Material hergestellten Gerbbrühen sind stets die Bedingungen für die Bildung von Säuren vorhanden, so daß es wünschenswert erscheint, die Bildung dieser 10 Säuren dem jeweiligen Zweck angemessen regulieren zu können. Eine solche Regulierung erschwert sich aber dadurch, daß in den Gerbbrühen neben den Gärungsprozessen, welche die Säure liefern, noch andere Umsetzungsprozesse stattfinden. Die letzteren Produkte vermögen sowohl den Einfluß der Säuren auf die Hautfaser zu alterieren als auch 15 auf diese eine selbständige Wirkung zu üben, durch welche der Charakter des Leders und auch der Gang der Gerbung stark beeinflußt werden kann. Die Säurebildung sowohl als auch die anderen Umsetzungen in den Gerbbrühen werden zum allergrößten Teil durch die Tätigkeit von Mikroorganismen bedingt. Es war deshalb für eine ziel- 20 bewußte Anwendung der Gerbbrühen die Kenntnis der Gärungsvorgänge in denselben von großer Wichtigkeit. Für diesen Zweck war es nötig, die in den Gerbbrühen auftretenden zahlreichen Mikroorganismen zu isolieren, ihre physiologische Wirkung auf die in den Gerbmaterialien und überhaupt beim Gerbprozeß mitspielenden Stoffe zu studieren und 25 endlich die für den letzteren wichtigen Mikroorganismen von den belanglosen zu scheiden. Für die Isolierung der in Gerbbrühen, also neben mehr oder weniger Gerbstoff lebenden Organismen mußten spezielle Züchtungsmethoden gewählt werden. Als Nährböden wurden verwendet: Peptongelatine, Peptonagar, Bierwürzegelatine, oft unter Zusatz 30 von Alkohol, ungehopfte Bierwürze, auch Lagerbier. Andreasch teilt die in den Gerbbrühen vorkommenden Mikroorganismen in drei Gruppen, wodurch es ermöglicht werden soll, eine Orientierung über die Art des Einflusses derselben, dann über die Anzahl der einzelnen Prozesse, die in den Gerbbrühen neben und hintereinander verlaufen, zu erhalten. 35 Die Gruppierung ist folgende: a) Fäulnisbakterien, b) Wasser- und Luftbakterien, c) eigentliche Gärungserreger.

In die Gruppe der Fäulniserreger reiht Andreasch alle jene Mikroorganismen, welche man als Hautparasiten bezeichen könnte, und die mit den Häuten in die Brühen eingeschleppt werden. Die meisten davon 40 erweisen sich als befähigt, Hautsubstanz aufzulösen, wodurch den Brühen jene Stickstoffmengen zugeführt werden, welche die eigentlichen Gärungserreger zu einer kräftigen Entwicklung benötigen, wozu sehr oft die in den Gerbmaterialien vorhandenen Stickstoffverbindungen nicht ausreichen würden. Die Zersetzung von Hautsubstanz durch Bakterien 45 findet sowohl in den ersten, schwächeren als auch, obschon in beschränkterem Maße, bei weiterem Fortschreiten der Häute in stärkeren Brühen, und zwar auch in Gegenwart von Säuren, statt. Am bedeutendsten ist sie in **permanenten Farben**, d. i. in solchen, in welchen die Brühe verbleibt und nur durch Nachfüllen von Wasser und jüngerer 50 Gerbbrühe und Gerbmaterial nachgebessert wird. In solchen alten Farbengängen findet durch zu starke Hautlösung eine bedeutende Entleerung der Haut an Substanz statt, so daß später ein leeres schwammiges Leder resultiert. Allerdings werden auch, jetzt wohl nur in un-

rationell betriebenen Gerbereien, solche alte Brühen benützt, um Leder weicher und dehnsamer zu machen, dies jedoch auf Kosten der Festigkeit und des Gewichtsergebnisses. Die moderne Gerberei verzichtet auf diese lösende Wirkung der Gerbbrühen und beugt ihr sogar durch häufig frisch gestellte Farbengänge vor. Bei letzteren Farbengängen 5 finden sich noch in den ersten der Eintreibfarben viele von der Haut eingeschleppte Fäulnisbakterienarten. In den späteren Farben, in welchen der Gerbstoffgehalt und manchmal auch der Säuregehalt wächst, treten viele Arten zurück und zwar jene, welche auf neutrale oder schwach alkalische Nährböden reflektieren. Als Fäulnisbakterien, welche 10 in älteren Gerbbrühen stets anzutreffen sind, führt ANDREASCH an: *Bacillus fluorescens liquefaciens*, *Bac. megaterium*, *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus fuscus*, *Bac. mycoides*, *Bac. viscosus*, *Bac. liquidus*, gasbildender Bazillus, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus butyricus*, weißer Streptokokkus (MASCHEK), wurmförmiger Streptokokkus (MASCHEK), grauer 15 Kokkus (MASCHEK).

In Brühen, in welchen geschwitzte und nach dem Schwitzen nicht genügend sterilisierte Häute eingetrieben sind, kommt es vor, daß ganze Hautstellen total verflüssigt werden, und Gruben (Muscheln genannt), ja sogar Löcher in den Häuten entstehen. An diesem Vorkommnis be- 20 teiligen sich hauptsächlich *Proteus*-Arten, welche sich an den betreffenden Hautstellen in Kolonien ansetzen.

Wasser- und Luftbakterien sind in Gerbbrühen in großer Menge und in vielen Arten vertreten. Sie gelangen aus der Luft oder aus dem Wasser oder auch mit den zugeschütteten Gerbstoffen in dieselben und da sie 25 hier günstige Lebensbedingungen vorfinden, vermehren sich viele Arten trotz anwesenden Gerbstoffes sehr stark. In letzterer Beziehung findet man in Gerbstoffextrakten von 25—30 Proz. Gerbstoffgehalt noch kräftiges Wachstum einzelner Sproßpilzarten. Gewöhnlich verhalten sich diese Wasser- und Luftbakterien, mit Ausnahme einiger abnormer 30 Wasserbakterien, dem Gerbprozeß gegenüber scheinbar indifferent, das heißt, sie rufen weder Fäulnis hervor, noch bilden sie Säuren in beträchtlichen Mengen. Dagegen nehmen sie an der Aufzehrung der Nährstoffe teil und liefern in einzelnen Fällen den Gerbprozeß schädigende Zersetzungsprodukte. Als in Brühen am häufigsten vorkommende, in 35 die zweite Gruppe eingereihte Bakterien wären anzuführen: Pediokokken und Sarcinen, *Micrococcus flavus liquefaciens* und Diplokokkus; nicht selten kommt auch *Crenothrix Kühniana* in der Brühe vor, deren Herstammung immer auf das Betriebswasser zurückgeführt werden kann (Schleimigwerden der Brühen). Zu den Luft- und Wasserkeimen, welche 40 in Gerbbrühen vorkommen, sind zu zählen: *Penicillium glaucum*, welches sich in der Regel in starken und stark sauren Brühen ansiedelt, *Mucor mucedo* und *Oidium lactis*.

§ 9. Eigentliche Gärungserreger in den Lohbrühen.

Obwohl die bakteriologische Prüfung der Gerbbrühen eine große 45 Menge von Spalt- und Sproßpilzen aufweist, welche Säuregärungen einzuleiten vermögen, zeigt die chemische Analyse dieser Brühen, daß die Stoffwechselprodukte dieser vielen Arten von Mikroorganismen, wenigstens in normal funktionierenden Brühen, nicht sehr zahlreich sind, da in größeren Mengen davon nur Aethylalkohol, Kohlensäure, Essigsäure 5

und Milchsäure, eventuell auch Buttersäure, nachweisbar sind. Von diesen Gärungsprodukten sind die letzteren Säuren von Einfluß auf die Gerbung. Die in den Brühen und zwar hauptsächlich in frischen Brühen zuerst auftretende **Alkoholgärung** wird durch Sproßpilze hervorgerufen, die in manchen Brühen so reichlich heranwachsen, daß sie die Spaltpilze überwuchern. Es sind dies hauptsächlich: *Saccharomyces Pastorianus*, *S. ellipsoideus*, dann auch *S. apiculatus*; daran schließen sich Torula, Rosahefe und orangegelbe Torula. *Saccharomyces ellipsoideus* und *S. apiculatus* finden sich öfters in Brühen, die aus Früchtengerbstoffen auf kaltem Wege hergestellt wurden.

Als Nährsubstrat für die Alkoholbildung dienen die in den Gerbmaterialien als Nichtgerbstoffe angesprochenen Kohlenhydrate, von welchen nur die Dextrose mit Sicherheit nachgewiesen ist. Die Menge des gebildeten Alkohols steigt in der Regel nicht über 2 Proz.; nur in einigen ganz abnormen Fällen bis 3 Proz.

Der von den Sproßpilzen gebildete Alkohol wird durch gleichzeitig in den Brühen vorhandene Spaltpilze in **Essigsäure** verwandelt. Als Essigbakterien sind in den Gerbbrühen vorhanden: *Bacterium aceti* HANSEN und *Bact. Pasteurianum*. Mycodermen bilden ebenfalls Essigsäure, aber nur dann, wenn die Brühen in Ruhe bleiben. Schädlich werden die *Mycoderma*-Arten den Brühen dadurch, daß sie den Alkohol und die Essigsäure verbrennen, weshalb man die Bildung dieser Sproßpilze durch häufiges Aufrühren der Brühen („Treiben") zu verhindern sucht.

Erst nach der Alkohol- und Essigsäuregärung tritt in den Gerbbrühen die **Milchsäuregärung** ein, welche von vielerlei Arten von Erregern ausgeht, so daß man von solchen in jeder Gerbbrühe, sei diese nun aus den Farben oder aus den Sätzen, meist mehrere Arten nachweisen kann; allerdings waltete in verschiedenen Stadien der Gerbung je eine oder die andere Art vor. ANDREASCH teilt diese Erreger in 4 Gruppen ein und zwar: a) Milchsäurebakterien der Milch (davon vorhanden *Bacillus acidi lactici* HUEPPE, *Bacterium acidi lactici* GROTENFELT, *Bacterium lactis acidi*); — b) Milchsäurebakterien der Käsereifung: *Bacillus XIX* ADAMETZ in sehr alten peptonhaltigen Gerbbrühen, *Bac.* FREUDENREICHII, Milchsäure bildende *Tyrothrix*-Arten in alten Sohllederbrühen; — c) spezifische Milchsäurebakterien der Gerbbrühen: Milchsäurebakterium der Gerbbrühen I und II, Milchsäurebazillus der Gerbbrühen a und b und ein Mikrokokkus a; — d) Milchsäurehefen: *Saccharomyces acidi lactici* GROTENFELT, spezifische Gerbbrühehefen α, β, γ. Akzessorisch auftretende Milchsäurebakterien sind noch: *Bac. acidi lactici* PASTEUR in Myrobalanenbrühen nach heftiger Alkoholgärung; gasbildender, verflüssigender Milchsäurebazillus, gern gesehen in Oberleder-Farben; *Bacillus lactis viscosus*, durch das Betriebswasser eingeschleppt. Die Arten der obigen Gruppen a, c, d sind als die normalen Milchsäureerzeuger in den Gerbbrühen zu betrachten, bei deren Gegenwart die Gerbung normal verläuft.

Buttersäuregärung kommt nur in Gerbbrühen vor, welche jahrelang in Gebrauch gestanden sind, und auch da nur in geringem Maße; als Substrat dafür dient höchstwahrscheinlich der milchsaure Kalk, welcher sich in solchen Brühen in reichlicher Menge vorfindet. Uebrigens dürften die reichlich vorhandenen Peptone zur Bildung der Buttersäuregärung beitragen. Als Erreger dieser Gärung fand ANDREASCH *Clostridium butyricum* PRAŻMOWSKI.

Propionsäure kann, zufolge Wladika (1), chemisch in den Gerbbrühen nachgewiesen werden; dagegen war man nicht in der Lage, einen Erreger für diese Säurebildung in den Gerbfarben aufzufinden. Möglicherweise ist die Bildung der Propionsäure bloß eine Begleiterscheinung anderer Gärungen.

Ueber die **Herkunft der verschiedenen Mikroorganismen in den Gerbbrühen** wurden bereits Andeutungen gemacht, und zwar geschehen die Infektionen derselben durch das Hautmaterial, durch Keime der Luft und des Betriebswassers und endlich durch die Gerbmaterialien. Für die Feststellung, inwieweit die auf den ursprünglichen Gerbmaterialien (im Gegensatz zu eingedickten Gerbstoffextrakten) befindlichen Mikroorganismen sich an der Gärung der Brühen beteiligen, hat Andreasch Untersuchungen angestellt. Er fand, daß sich an frischen Fichten- und Eichenrinden, sowie an Myrobalanen Milch- und Essigsäurebakterien nur sporadisch nachweisen lassen, wobei diese auch aus der Luft herrühren konnten; Sproßpilze dagegen finden sich reichlich an den Gerbmaterialien. Im Gegensatz zu diesem übrigens ganz plausibel erscheinenden Befunde steht die Angabe von F. H. Hänlein (1) über die Auffindung eines Bakteriums auf der Fichtenrinde, von ihm *Bacillus corticalis* genannt, welchen er als den eigentlichen Säuerungserreger in Fichtenbrühen ansieht und daraus den Schluß zieht, daß die Säuerung in den Gerbbrühen durch spezifische, die Rinden bewohnende Bakterienarten (Rindenbazillen) hervorgerufen wird. Andreasch legte dar, daß Hänlein durch die Wahl ungeeigneter Nährböden bei seinen Kulturversuchen zu obiger Annahme gelangte, und daß zudem dessen Angaben auch insofern mangelhaft sind, als er es unterlassen hat, die Art der Säure anzugeben, welche durch den *Bac. corticalis* gebildet wird. Letzterer wurde bisher von niemandem wieder aufgefunden, so daß dessen Vorkommen, wie überhaupt das von spezifischen Rindenbazillen als eigentliche Erreger der Säuerung der Gerbbrühen, bezweifelt werden muß. Es liegt dagegen die Möglichkeit der Existenz von **spezifischen Sproßpilzen** an bestimmten Gerbmaterialien vor, von welchen eine Art von mir (7) an australischer Mimosarinde gefunden wurde. Dieser Pilz ist eine *Mycoderma*-Art, welche sich von jener, die sonst häufig auf Gerbbrühe sich einstellt, morphologisch wenig unterscheidet. Sie bildet an der Oberfläche von mit Mimosarinde gegerbtem Leder Kolonien, welche an letzterem dunkle bis schwarze Flecken hinterlassen, die total unvertilgbar sind. Die gewöhnlich auf Gerbbrühen vorkommende Mycoderma zersetzt wohl den Gerbstoff, namentlich Gallusgerbstoffe, in dunkel gefärbte Gerbstoffe, welche ebenfalls das Leder dunkel färben, doch geschieht dies dann durchwegs und nicht in Flecken. Lang stehende nicht gebrauchte Gerbbrühen erleiden durch Mycodermawucherungen auf der Oberfläche eine von oben nach unten fortschreitende Zersetzung des Gerbstoffes und eine Zerstörung ihrer Säuren, so daß solche Brühen ganz unbrauchbar werden. Bei Sumach und Galläpfelbrühen vollzieht sich die Umsetzung sehr rasch, so daß Brühen aus diesen Materialien in der Praxis nur sehr kurze Zeit in Benutzung bleiben können. Selbst Leder, welches mit Sumach gegerbt wurde, wird, wenn es naß lagert, sehr bald durch die Tätigkeit von Mycodermen dunkel bis schwarz.

§ 10. Verschiedenheiten im Verlaufe der Gärungen in den Gerbbrühen.

Die Wirkungen der zahlreichen und verschiedenen Mikroorganismen, welche sich in den Gerbbrühen vorfinden, werden von den daselbst be-
5 findlichen Nährstoffen stark beeinflußt. Die Nährstoffe, welche die einzelnen Gerbstoffmaterialien zu bieten vermögen, sind aber sehr verschieden, woraus sich erklärt, daß im Gerbereibetrieb diese Erscheinungen in sehr mannigfaltiger Art auftreten. Die Nährstoffe der Brühen gehören hier wie auch sonst der Kohlenstoff- und der Stickstoffnahrung
10 an, aber es sind hier auch mineralische Nährstoffe nötig. Von den Kohlenstoffverbindungen, welche die Gerbmaterialien enthalten, wäre zunächst der Gerbstoff in Betracht zu ziehen. Durch eingehende Versuche, welche ANDREASCH ausführte, wurde festgestellt, was übrigens schon früher angenommen wurde, daß der Gerbstoff durch Spaltpilze nicht
15 zersetzt wird, wohl aber durch höhere Pilze, so z. B. durch *Penicillium*-Arten und auch durch Mycodermen. Der Gerbstoff äußert seinen Einfluß auf die Gärungen nur dadurch, daß mit steigendem Gehalt die Gärungsgeschwindigkeit abnimmt. Aufgehoben wird jedoch die Tätigkeit der Mikroorganismen auch nicht durch die höchsten Gerb-
20 stoffgehalte, welche in der Praxis vorkommen. So gerät z. B. Fichtenextrakt von 23 Proz. und Eichenholzextrakt von 25 Proz. Gerbstoffgehalt unter günstigen Umständen spontan in Gärung, wobei durch die entwickelten großen Mengen von Kohlensäure die Gebinde, in welchen der Extrakt versendet wird, explodieren.

25 Die **Kohlenstoffnahrung** in den Gerbbrühen bilden also die in den Gerbmaterialien vorhandenen löslichen oder zur Lösung gelangenden Kohlenhydrate, von welchen die Sproßpilze nur einzelne bestimmte Körper zerlegen (Dextrose, Lävulose, Invertose), während die Spaltpilze auch andere (darunter stickstoffhaltige) Verbindungen zerlegen und mit-
30 unter gerade auf diesem Wege die größten Anteile an Säuren, welche die Gerbbrühe dann enthält, liefern. Die Menge an gärungsfähiger Substanz, welche ein Gerbmaterial enthält, kann wohl nicht aus der Menge an löslichen Nichtgerbstoffen genau beurteilt werden, doch kann im allgemeinen gesagt werden: je mehr Kohlenhydrate darin enthalten
35 sind, desto größer ist die Säuerungsfähigkeit des Materials, insbesondere die Bildung von Essigsäure. Die Entstehung der letzteren kann durch direkten Zusatz von Alkohol in die Gerbbrühen beschleunigt und auch deren Gehalt erhöht werden, wie dies in italienischen Gerbereien zuweilen vorgenommen wird.

40 Die **Stickstoffnahrung**, welche die Mikroorganismen, in erster Linie die Milchsäurebakterien, zu ihrer Entwicklung in den Gerbbrühen neben der Kohlenstoffnahrung bedürfen, stammen teils aus dem Gerbmaterial, teils von gelösten Hautbestandteilen her. Größere Mengen von Milchsäure werden nur in Brühen gebildet, welche reicher an Stickstoffver-
45 bindungen sind, die aus dem Gerbmaterial oder von gelösten Hautbestandteilen herrühren. Im letzteren Falle ist die Milchsäurebildung bei Anwesenheit der nötigen Menge von Kohlenhydraten proportional der gelösten Hautsubstanz. ANDREASCH hat auch nachgewiesen, daß an der Milchsäuregärung nicht nur die Stickstoffsubstanz, aus gelösten Haut-
50 bestandteilen herrührend, sondern auch die frischen Hautblößen oder selbst schwach angegerbte Haut beteiligt sind. Dies macht sich in der

Gerbereipraxis fühlbar, indem derartig in die Säurebildung miteinbezogene Häute viel an Masse verlieren und ein schlechtes Gewicht liefern. Veranlaßt wird obiger Umstand, wenn die Häute längere Zeit in relativ schwachem (an Gerbstoff und Kohlenhydraten erschöpftem) Material belassen werden.

Außer den besprochenen, teils normalen teils abnormalen Gärungsvorgängen kommen hier und da noch andere abnormale vor, deren Ursache schwer ermittelt werden kann. Wie bei den Vorbereitungsarbeiten des Gerbprozesses, nämlich bei der Umwandlung der Haut in Blöße, hat sich die moderne Gerberei auch beim Gerbprozesse selbst von den Einflüssen der Gärungen und Zersetzungen möglichst frei zu machen gesucht, und sie verzichtet ganz oder zum großen Teil auf die früher günstig erachtete und als Notwendigkeit erkannte Wirkung der Säure bei Sohlleder, als auch auf die lösende Wirkung der Fäulniserreger in den Farben der Oberledergerberei, da sie andere, sicherer arbeitende Mittel kennen lernte, mittels welcher dem Leder jene spezifischen Eigenschaften beigebracht werden, die früher nur durch Gärungsvorgänge erreichbar waren. Die amerikanischen Gerber, welche uns in der Neuzeit in vielen Richtungen vorbildlich wurden, waren schon längst Gegner der sauren Gerbung und wendeten sogar Mittel an, um die Brühen nach Möglichkeit süß zu erhalten. Die vornehmlichsten davon sind rasche Erneuerung der Gerbbrühen und Verwendung von starken Brühen, dann auch die Kombination der vegetabilischen Gerbung mit der mittels Metallsalzen. Die Wirkung von abnorm stark sauer verlaufenden Gärungen wurde früher durch Zugabe von Kochsalz zu den Brühen herabgemildert, indem dadurch die übermäßige Schwellung der Hautfaser zurückgedrängt wird. Zusätze von Neutralisierungsmitteln, wie Soda, kohlensaurer Kalk, wirken nur kurz, da nach Neutralisierung der Säure die saure Gärung mit erneuerter Heftigkeit ausbricht. Antiseptika erweisen sich wirkungslos, da die meisten davon durch den Gerbstoff gebunden oder zerstört werden.

§ 11. Zersetzungserscheinungen an gegerbtem Leder.

Wenn lohgares Leder feucht lagert und in diesem Zustand in Stößen aufgeschichtet ist, so treten eigentümliche Erscheinungen auf, welche auf Gärungsvorgänge zurückzuführen sind. Das Leder erwärmt sich nach und nach und erhält einen schleimigen Griff. Von dieser Erscheinung, welche man in der Praxis das **Schleimen** oder auch das **Dampfwerden** nennt, wird in der Appretur mancher Ledersorten, hauptsächlich bei Unterledersorten, Gebrauch gemacht, da sich das Material dadurch besser komprimieren läßt und bei mäßiger Schleimung auch eine bessere Farbe erhält. Dieser Prozeß muß streng überwacht werden, da bei seinem Fortschreiten die Erhitzung immer stärker wird und das Leder nach und nach tief eingreifende Veränderungen erleidet. Solche Leder, welche bloß leicht gegerbt wurden, werden durch die Wirkung des Prozesses in eine leimartige Masse verwandelt, wobei die Form des Ledergewebes ganz schwindet. Satt gegerbtes Leder, wie Sohlleder, wird nicht so intensiv verändert, daß es die Form verliert, aber es vermodert wie Holz und zeigt auch ganz dieselben Eigenschaften wie dieses; es verliert jeden Halt und läßt sich zu Staub zerpulvern. Da bei bloßer Erhitzung in feuchtem Zustande Leder nicht so tief-

greifende Veränderungen erleidet, wie durch die Selbsterhitzung (gegen trockene Hitze ist Leder beständig), so muß eben bei letzterer auch an die Wirkung von Organismen gedacht werden. Tatsächlich findet man bei selbsterhitztem, auch schon an geschleimtem Leder Wucherungen von Pilzen (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*) vor. Diese Pilze wirken zunächst auf den Gerbstoff des Leders zerstörend, müssen aber auch die Hautsubstanz angreifen, was sich aus dem Vermodern des Sohlleders ergibt. Zur Entflammung gelangt selbsterhitztes Leder nie, da stickstoffreiche Substanzen nicht leicht brennen. Die Selbsterhitzung tritt bei ungefettetem, lohgarem Leder rascher und intensiver auf als bei gefettetem. Bei letzterem ist hauptsächlich wahrzunehmen, daß das Fett aus dem Leder gedrängt wird; das Leder „schlägt aus". Bei längerer Einwirkung des Gärungsprozesses wird auch schließlich das gefettete Leder mürbe oder es verleimt.

Aber nicht nur auf lohgarem, also mit vegetabilischen Gerbstoffen gar gemachtem Leder macht die Einwirkung von Pilzen merklichen Schaden, es zeigt sich dieses auch bei alaungarem Leder. Sind bei ersterem die *Aspergillus*-Arten am meisten beteiligt, so sind es bei Alaunleder hauptsächlich *Penicillium* und *Mucor*, welche dasselbe besiedeln und die sog. **Stockflecken** verursachen. Dies kann schon nach der Gare der Leder eintreten, wo von einer Erhitzung zwar nichts wahrgenommen werden kann, wo sich aber die Einwirkung der Kolonien durch eine Korrodierung der Narbe des Leders unangenehm bemerkbar macht. Bei feuchter Lagerung des Alaunleders treten die echten Stockflecken als Pilzwucherung auf, welche zuerst die Farbe des Leders zerstören (wenn es gefärbt ist), dann aber auch die Narbe angreifen und zerstören. Als Nährsubstrat für die Pilze kann hier das Mehl angesehen werden, welches für die Gerbung verwendet wird; der Alaun und das Salz der Gare wirken bekanntlich gegen die in Rede stehenden Pilze wenig oder gar nicht antiseptisch.

§ 12. Gerbereiabwässer.

Die Gerbereiabwässer bereiten der von den Behörden vorgeschriebenen Reinigung deshalb große Schwierigkeiten, weil die diversen Abfallwässer von verschiedener qualitativer Zusammensetzung sind, und weil weiter das Mischungsverhältnis der Komponenten des Gesamtabfallwassers kein konstantes ist. Die Untersuchung von zu verschiedenen Zeiten einer und derselben Gerberei entnommenen Abfallwässern gibt in qualitativer und quantitativer Beziehung stark differierende Resultate.

Die Abfallwässer aus Lohgerbereien setzen sich zusammen aus:

a) Weichwässer, worin die trockenen Häute erweicht wurden. Diese enthalten die organischen Bestandteile zum größeren Teil in Form von Peptonen. Von Mikroorganismen herrschen darin vor: *Bacillus subtilis*, *Bac. gasoformans*, *Bac. liodermus*, *Mic. flavus desidens*.

b) Spülwässer, worin frische und gesalzene Häute ausgewaschen werden. Sie enthalten Lymphe, Serumalbumin und Mucin, dann Kochsalz und Phosphate. An Keimen befinden sich darin hauptsächlich: *Proteus*-Arten, *Bac. liquefaciens*, gasbildender Bazillus.

c) Aescherwässer, worin die Häute enthaart wurden. In Kalk gelöste Hautsubstanz bildet hier den Hauptteil des Organischen. An anorganischer Substanz, welche in der Gerberei hinzutrat, sind Kalk-

hydrat und Kalksalze anzuführen. Die darin auftretenden Keime wie *Bacillus subtilis* und Sarcinen rühren wohl aus dem Wasser her und sind zumeist indifferenter Natur.

d) Spülwässer, worin die gekalkten Häute gewaschen wurden, enthalten gelöste Hautsubstanz und nur die Keime des Wassers. 5

e) Beizwässer, worin die Mist- oder Kleienbeize vorgenommen wurde Diese enthalten Amine, Enzyme, gelöste Hautsubstanz, Peptone und die Mikroorganismen der Beize.

f) Waschwässer vom Waschen gegerbter Leder herrührend und erschöpfte Gerbbrühen. Die organische Substanz derselben besteht 10 zum größten Teil aus Gerbstoff, organischen Säuren und peptonisierten Hautbestandteilen.

Wenn die Abwässer a, b, e und f zusammen in ein Bassin geleitet werden, so erfolgt eine teilweise Selbstreinigung, indem die Eiweißkörper und teilweise die Peptone, welche in a, b, e enthalten sind, durch den 15 Gerbstoffgehalt von f in Form flockiger Niederschläge gefällt werden, welche letztere auch suspendierte Substanzen mitreißen und leicht absitzen. Man erreicht hier sogar klare Abwässer, wenn die Abfallwässer f nicht im Ueberschuß vorhanden sind, sonst sind diese Wässer von Lohfarbstoffen gefärbt. Mit schwefelsaurer Tonerde können sie entfärbt 20 werden, was aber viel Kosten verursachen würde.

Die Wässer c und d dürfen mit jenen von f nicht vereint werden da Kalk und Gerbstoff sehr dunkel gefärbte Verbindungen geben, welche das ganze Abwasser dunkel färben und dadurch am meisten Veranlassung zu Beanstandungen liefern. Erst die nach der Vermischung von a, b, e 25 mit f rein gewordenen Wässer können mit c und d gemischt werden, worin man dann durch Zusatz von Eisenchlorid eine Fällung des Kalkes vornehmen kann, wenn dies angezeigt erscheint; gewöhnlich werden diese Kalkbestandteile als unschädlich nicht beanstandet. Die Mikroorganismen, welche in den genannten Abwässern enthalten sind, müssen allerdings 30 der Selbstreinigung auf biologischem Wege überlassen werden. Nähere Angaben darüber findet man im 15. Kapitel des III. Bandes.

Literatur

zum Kapitel Mykologie der Gerberei.

*__Andreasch,__ (1) Der Gerber, 1895, Bd. 21, S. 205 u. f. *__Eitner,__ (1) Der Gerber, 1898 Bd. 24, S. 90. — (2) Ebenda, 1898, Bd. 24, S. 102. — (3) Ebenda, 1898, Bd. 24, S. 247. — (4) Ebenda, 1898, Bd. 24, S. 205. — (5) Ebenda, 1898, Bd. 24, S. 217. — (6) Ebenda, 1898, Bd. 24, S. 258. — (7) Ebenda, 1898, Bd. 24, S. 4. *__Hänlein,__ (1) Deutsche Gerber-Zeitung (F. A. Günther), 1894, Bd. 37, Nr. 18 u. f. *__Smaic,__ (1) Der Gerber, 1902, Bd. 28, S. 247. *__Wladika,__ (1) Der Gerber, 1890, Bd. 16, S. 3. *__Wood,__ (1) Journal of the Society of chemical Industry, 1898, Bd. 17, Nr. 11.

Zweiter Abschnitt.

Mykologie der Haltbarmachung des Obstes.

Von Prof. Dr. H. Müller-Thurgau,
Direktor der schweiz. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil.

(Manuskript-Einlauf:
24. April 1905.)

3. Kapitel.

Fäulniserscheinungen an Obstfrüchten.

§ 13. Das Wesen der Obstfäulnis.

Die eigenartigen Veränderungen, die die Obstfrüchte bei der Fäulnis erleiden, wie das Weichwerden und die Verfärbung des Fruchtfleisches sowie eine meist weitgehende Verschlechterung des Geschmackes sind allgemein bekannt. Trotzdem auch die Ursachen dieser Vorgänge von mehreren Seiten erforscht wurden, bestehen über die Umgrenzung des Begriffes der Obstfäule doch noch Meinungsverschiedenheiten, so daß dieser Punkt zunächst einer Erörterung bedarf.

Davaine (1), der in seiner 1866 erschienenen Arbeit angibt, daß man früher die Obstfäule als einen chemischen Vorgang, eine Art Ueberreife betrachtet habe, hat wohl als erster an einer Anzahl von Fällen den Nachweis geliefert, daß das Fruchtfleisch, soweit die Fäulnis sich erstreckt, von zahlreichen und mannigfaltig verzweigten Pilzfäden, dem Mycelium, durchzogen ist, und hierdurch sowie durch Infektionsversuche dargetan, daß die Fäulnis als eine Folge dieses Pilzangriffes betrachtet werden muß. Zehn Jahre später lieferte Brefeld (1), offenbar ohne die Arbeit Davaine's zu kennen, nochmals den Beweis, daß gewisse Pilze die Fäulnis von Obstfrüchten verursachen können. Er unterscheidet aber neben dieser **Fäulnis durch Pilze** noch als **spontane Fäulnis ohne Pilze** das natürliche Absterben des Fleisches bei gewissen Birnsorten und besonders bei Mispeln, das sogen. Teigwerden. Diese beiden Arten von Fäulnis sollen vollständig miteinander übereinstimmen und sich nur durch das Vorhandensein oder Fehlen von Pilz-

fäden unterscheiden. Das bei beiden Arten stattfindende Absterben der Zellen mit seinen Begleiterscheinungen ist nach BREFELD's Auffassung das Wesentliche der Fäulnis; die weiterhin in dem von Pilzen befallenen Fleische auftretenden Zersetzungen seien sekundäre Erscheinungen, die hier zunächst nicht in Betracht kämen. BEHRENS (1) will (1898), dem allgemeinen Sprachgebrauch sich anschließend, als Fäulnis alle jene natürlichen Veränderungen zusammenfassen, durch welche das Obst zum Genusse untauglich wird; deswegen sei das Teigwerden der Birnen als Fäulnis zu bezeichnen, nicht aber das Teigwerden der Mispeln, das, ebenfalls ein rein spontaner Absterbeprozeß, die Früchte erst zum Rohgenuß tauglich mache. In den meisten Gegenden unterscheidet jedoch der Sprachgebrauch scharf zwischen teigen und faulen Birnen, und man wird sowohl diesem Umstande als den Tatsachen wohl besser gerecht, wenn man als Obstfäulnis nur *die durch die Lebenstätigkeit von Pilzen verursachten Absterbe- und Zersetzungsvorgänge des Fruchtfleisches* auffaßt. Darnach würde die Obstfäule immer noch eine sehr komplexe Erscheinung sein, die auch von der gewöhnlichen Fäulnis stark abwiche; denn während diese (Bd. I, S. 23) als Zersetzung von Eiweißstoffen durch Bakterien aufgefaßt wird, hätten wir es hier mit physiologischen Eingriffen in das Leben der Fruchtzellen und mit darauffolgenden mannigfaltigen chemischen Vorgängen zu tun, die zudem nicht durch Bakterien sondern durch Eumyceten verursacht werden.

Bei einer genaueren Betrachtung wird man nicht unberücksichtigt lassen können, daß der Tod der Fruchtfleischzellen und die hernach durch den Fäulnispilz verursachten chemischen Umsetzungen voneinander zeitlich streng getrennt stattfinden können, wenn man z. B. das Fruchtfleisch vorerst durch Kälte oder Hitze tötet und dann mit einem Fäulnispilz infiziert. In diesem Falle besteht der Fäulnisvorgang nur noch in den verschiedenartigen, durch den Pilz verursachten Umsetzungen, und ebenso ist dies der Fall, wenn teigig gewordene Birnen nachträglich noch in Fäulnis übergehen. Es wird sich dementsprechend auch empfehlen, bei einer wissenschaftlichen Behandlung der Fäulnis lebender Früchte das Absterben des Fruchtfleisches infolge des Pilzangriffes und die hernach folgenden Zersetzungsvorgänge auseinander zu halten und dem Sprachgebrauch entgegen diese letzteren allein als Fäulnis aufzufassen, wenn auch vielleicht dagegen eingewendet werden könnte, daß das Faulen einer vorher schon abgestorbenen Frucht durch Pilzarten stattfinden kann, die nicht imstande wären, die lebende Frucht abzutöten, daß ferner die Zersetzungsvorgänge im Fruchtfleisch, das vorwegs getötet werden muß, möglicherweise anders verlaufen als z. B. in einer erfrorenen Frucht, und daß endlich vielleicht gerade die Zersetzungsprodukte bei der Fäulnis die Ursache des Absterbens weiterer Fruchtpartien sein können.

Nicht zur Obstfäule gehören das *Teigwerden der Birnen* und *Mispeln*, das Morschwerden der Aepfel und die Stippenbildung. Das erstere, ein meist sehr rasches, beim Kernhaus beginnendes Absterben ohne Einwirkung von Pilzen, überhaupt ohne bis heute erkannte Ursache, ist wahrscheinlich der natürliche Alterstod der Zellen. Aehnlich verhält es sich wohl mit dem *Morschwerden der Aepfel*, wobei das Fruchtfleisch trocken, mehlig, stellenweise von gelbbrauner Färbung und geschmacklos wird. Nach ZSCHOKKE (1) brauchen die Zellen ihre Inhaltsstoffe auf und verhungern schließlich. *Stippige Aepfel* sind mit

mehr oder weniger zahlreichen, meist dicht unter der Oberhaut gelagerten, doch auch vereinzelt bis zum Kernhaus zerstreuten, rundlichen, hell- bis tiefbraun gefärbten, 5 und mehr Millimeter mächtigen Gewebepartien bestehen. [illegible] dann bald zahlreicher auf, können miteinander verschmelzen und lassen oft die Frucht äußerlich wie mit braunen Flecken übersät erscheinen. Da das stippige Fleisch bitter schmeckt, wird die Frucht entwertet. Als Ursache der Stippenbildung wurde von Fries (1) ein Pilz, *Spilocaea Pomi* Fr., angeführt, der nach Frank (2) nur eine sterile Entwicklungsform von *Fusicladium dendriticum* ist; Wortmann (1) hat jedoch nachgewiesen, daß sich in den Stippen kein Mycel vorfindet. Nach seiner Auffassung werden sie durch einen [illegible] Wasserverlust und die dadurch erzielte hohe Konzentration des Zellsaftes verursacht. Sorauer (2) glaubt, daß die betreffenden Zellpartien [illegible] daher schneller absterben.

Den **Nachweis**, daß die Obstfäule durch Pilze verursacht wird, erbrachten schon Davaine (1) und namentlich Brefeld (1), teils durch Untersuchung des faulenden Fruchtfleisches, teils durch Infektionsversuche. Wie zu verfahren ist, um aus dem Innern einer Faulstelle den Fäulnispilz in möglichst zuverlässiger Weise zu gewinnen und in der feuchten Kammer zu weiterer Entwicklung zu bringen, wird durch Wehmer (1) eingehend geschildert. Aus den auf den Faulstellen oberflächlich auftretenden Sporen ist eben nicht in allen Fällen auf den die Fäulnis verursachenden Pilz zu schließen, da an Faulstellen leicht ein zweiter Pilz eindringen kann. Auch die angewandten Methoden der Infektionsversuche sind nicht immer einwandfrei, und [illegible] Sporenmaterial und nur an Früchten, deren Oberfläche [illegible] ausgeführt werden dürfen, erscheint heute selbstverständlich. [illegible] eines Pilzes [illegible] zu studieren, und die Untersuchung in einem [illegible] vorgenommen wird. Wenn die Identität des Pilzes an den auftretenden Sporen festgestellt werden kann, ist streng auf diese Bedingungen zu achten. [illegible] werden, wenn nur der eingeimpfte Pilz, nicht aber der Eindringling zur Sporenentwicklung gelangt. Behrens (1) hat bei seinen Infektionsversuchen die Äpfel, [illegible] zuerst mit Alkohol gewaschen, dann ca. 10 Minuten in Sublimatlösung (1 : 1000) gelegt, [illegible] Wasser abgewaschen und nun in sterilisierte Doppelschalen gebracht.

Als **spezifische Erreger der Obstfäule**, denen eine größere wirtschaftliche Bedeutung zukommt, wurden nur einige wenige Arten erkannt. Davaine (1) führt als häufigste und fast in allen Fällen vorkommende *Penicillium glaucum* und *Mucor mucedo* an, während Behrens [illegible], der seine Beobachtungen wohl hauptsächlich an Birnen machte, als wichtigste Fäulnispilze *Rhizopus nigricans* und *Botrytis cinerea* bezeichnet [illegible] *Penicillium glaucum* [illegible]. Wehmer [illegible] spricht sich [illegible] Davaine (1) an, indem nach seinen Erfahrungen *Penicillium glaucum* und *Mucor piriformis* in den weitaus häufigsten Fällen die Fäulniserreger unseres heimischen Obstlagers sind, wogegen *Botrytis*, neben *Mucor racemosus* und *Rhizopus nigricans* nur in bestimmten mehr vereinzelten Fällen gefunden wurden.

Der von Davaine (1) angeführte *Mucor mucedo* dürfte identisch sein mit dem erst später von Fischer (1) aufgestellten *Mucor piriformis*. Als die typischen Fäulniserreger bei Trauben wurden schon früher von Müller-Thurgau (2) *Botrytis cinerea* und *Penicillium glaucum* bezeichnet und nach ihrem Auftreten geschildert. Gegenüber der Zusammenstellung von Wehmer (1) hebt Zschokke (1) die große Bedeutung von *Botrytis* bei der Fäulnis des Obstes, besonders der Birnen, Quitten und sogen. Süßäpfel, hervor. Er macht auch aufmerksam auf die Bedeutung der *Monilia fructigena* als häufigen Fäulniserreger namentlich bei unreifen, jedoch auch bei reifen Kernobstfrüchten und auf die dadurch hervorgerufene, den Obstzüchtern bekannte Schwarzfäule der Aepfel und Birnen.

Es sind demnach *Penicillium glaucum*, zwei Sclerotinien, nämlich *Botrytis cinerea* und *Monilia fructigena*, und zwei Mucoreen, *Mucor piriformis* und *Rhizopus nigricans*, die häufigsten und wirtschaftlich wichtigsten Fäulnispilze des Obstes. Zu diesen fünfen kommen dann allerdings noch einige weitere hinzu, die entweder mehr vereinzelt oder nur unter gewissen Bedingungen auftreten. Sie werden in der in § 14 folgenden Zusammenstellung aufgeführt sein.

Es drängt sich hier zunächst die Frage auf, warum von den zahlreichen Pilzen, die saprophytisch auf toten Früchten und Fruchtsäften zu leben vermögen, so wenige befähigt sind, lebende Früchte zum Faulen zu bringen. Offenbar müssen den Fäulnispilzen besondere Fähigkeiten innewohnen, die den obligaten Saprophyten nicht zukommen. Bei den beiden Sclerotinien, die ja gelegentlich auch Zweige und Blüten befallen, wäre in Berücksichtigung dieses parasitischen Auftretens die Wirksamkeit als Fäulniserreger noch am ehesten begreiflich, wenn schon andererseits eigentliche Fruchtparasiten, wie *Fusicladium*, *Clasterosporium*, *Phyllosticta* usw., zwar in die Frucht eindringen, aber doch keine tiefergehende Fäulnis verursachen können. Von *Penicillium glaucum* und den beiden genannten Mucoreen ist aber sonst eine parasitische Lebensweise nicht nachgewiesen, und es muß daher überraschen, sie als so energisch wirkende Verderber der Obstfrüchte kennen zu lernen. Indem man sie wie z. B. de Bary (1) als fakultative Parasiten bezeichnet, wird keine Erklärung gegeben, sondern nur der Tatsache ein anderer Ausdruck verliehen. Auch durch die Bezeichnung Wundparasit ist das Wesen dieser Pilze nur zum Teil angedeutet. Allerdings vermögen sie durch die unverletzte Epidermis in der Regel nicht einzudringen, allein außer Wunden finden sie auch noch andere Eingangsstellen, und zudem bedürfen sie ganz besonderer Eigenschaften, um, einmal eingedrungen, sich im Fruchtfleisch so rasch ausbreiten zu können. Es handelt sich da um spezifische Anpassungserscheinungen der Pilze, um besondere Fähigkeiten, die im folgenden Paragraphen noch eingehender zu erörtern sind.

Schon der Umstand, daß nur verhältnismäßig wenigen Pilzen die Fähigkeit zukommt, als Fäulniserreger in Früchten zu leben, weist auf gewisse Schwierigkeiten dieser Lebensweise hin, und diese machen sich nun auch in der Weise geltend, daß selbst so exquisite Fäulniserreger wie *Penicillium glaucum* und *Mucor piriformis* die Früchte nur unter ganz bestimmten Umständen anzugreifen vermögen. Es sind nicht nur günstige äußere Verhältnisse, wie genügende Feuchtigkeit und geeignete Eingangspforten, erforderlich, sondern vor allem eine bestimmte Beschaffenheit des Fruchtfleisches, indem dieses meist erst in reifem Zustande ergriffen werden kann und der eine Pilz eher in der einen, ein zweiter besser auf einer anderen Frucht die geeigneten Wachstumsbedingungen

findet. Die im folgenden Paragraphen zusammengestellten bisherigen Beobachtungen lassen diese Beziehung deutlich erkennen.

§ 14. Die Fäulnispilze.

Penicillium glaucum Link, unstreitig der am häufigsten auftretende Fäulniserreger, ist der ausgesprochenste Apfelschädling, indem er weitaus mehr als die übrigen die reifen Aepfel befällt und daher den Vorräten im Keller besonders gefährlich wird. Dessen Morphologie und Physiologie sind im 10. und 11. Kapitel des IV. Bandes schon dargelegt worden. Das penicilliumfaule Fruchtfleisch zeigt einen scharfen, unangenehmen Schimmelgeschmack. Die Konidienträger brechen in Form von Büscheln (Coremien; s. Bd. I, S. 194) durch die Epidermis hervor. Der Grund, warum Aepfel so häufig von *Penicillium* befallen werden, ist noch zu erforschen; vielleicht daß, wie Zschokke andeutet, der relativ hohe Gehalt an Aepfelsäure anderen Pilzen das Eindringen mehr erschwert. Damit würde wohl im Einklang stehen, daß die Birnfäule durch andere Pilze wohl mindestens so oft verursacht wird wie durch *Penicillium*, nicht aber daß unreife Trauben am häufigsten von *Botrytis* befallen werden. Quitten bringt *Penicillium* seltener zum Faulen; dagegen werden Pfirsich, Pflaumen, Zwetschen und Kirschen von diesem Pilze gerne befallen. Bei Trauben erweist er sich als gefürchteter Schädling, der namentlich bei anhaltend feuchter Witterung die Grünfäule der Beeren erzeugt. Solche, an den zuerst weißen, dann blaugrünen Konidiensporen erkennbaren grünfaulen oder speckigfaulen Trauben verschlechtern durch ihren widerwärtigen Geschmack und die auch sonst veränderte Beschaffenheit, auf die im 15. Kapitel dieses Bandes näher eingetreten werden soll, die Qualität des Weines. Auch Stachelbeeren und Johannisbeeren fallen in feuchter Umgebung, z. B. in größeren Mengen aufeinander liegend, gerne der *Penicillium*-Fäule anheim. Bei Wallnüssen wird nach Wehmer (1) von *Penicillium* und *Botrytis* die absterbende grüne Außenhülle ergriffen; wichtiger ist jedoch, daß bei langsamem oder ungenügendem Trocknen *Penicillium* durch die Fuge der Schalen auch ins Innere der Nüsse eindringt und die Kerne rasch ungenießbar macht, wie es auch ein gefährlicher Feind der auf Lager befindlichen eßbaren Kastanien ist.

Als nur einmal beobachteten Fäulniserreger in Aepfeln führt Behrens (1) *Penicillium luteum* Zukal an (vgl. d. 10. Kap. d. IV. Bds.). Da sich mit dessen Konidien gesunde Aepfel leicht infizieren lassen, so ist ein gelegentliches stärkeres Auftreten nicht ausgeschlossen. An Südfrüchten, Zitronen und Orangen, tritt *P. glaucum* nur ausnahmsweise auf, vielleicht nur in schon durchfaulten oder stark verletzten Früchten; dagegen konstatierte Wehmer (1) als regelmäßigen Fäulniserreger *P. italicum* n. sp. (vgl. d. 10. Kap. d. IV. Bds.), das die befallenen Früchte bald mit einem dichten hellblauen Konidienrasen bedeckt. Dieses schöne Beispiel für die Spezialisierung von Fäulnispilzen läßt sich auch in anderen Gegenden beobachten; es handelt sich keineswegs um ein auf eine bestimmte Oertlichkeit beschränktes Vorkommnis. Der ursächliche Zusammenhang bleibt allerdings noch zu ergründen. Die betreffenden Früchte kommen nicht etwa schon angefault aus dem Süden, sondern werden in der Regel erst hier infiziert und zwar in Räumen, wo sich Konidien von *P. glaucum* wohl zahlreicher finden als die von *P. italicum*.

Ob die Konidien des letzteren schon an den importierten Früchten haften, wäre noch zu untersuchen.

Als weiteren, jedoch weniger wichtigen Fäulnispilz auf Südfrüchten erwähnt Wehmer (1) sodann *P. olivaceum* n. sp. (vgl. d. 10. Kap. d. IV. Bds.), das Zschokke (1) auch vereinzelt an Birnen fand.

Die folgenden, zur Gattung *Sclerotinia* (vgl. Bd. I, S. 213) gehörigen Pilze, *Botrytis cinerea* (Persoon), *Monilia fructigena* (Persoon) und *Monilia cinerea* Bonorden verhalten sich von den übrigen Fäulniserregern insofern abweichend, als sie etwas mehr den Charakter strenger Parasiten aufweisen. *Botrytis cinerea* (*Sclerotinia Fuckeliana* de Bary) dringt gelegentlich in Blüten, Zweige und Blätter der Rebe ein und vermag auch andere Pflanzen rein parasitisch zu befallen, und gleicherweise ist bekannt, daß *Monilia* bei Kern- und Steinobstbäumen die Blüten infiziert und von da oder von nachträglich erkrankten Früchten aus in die Zweige vordringt und sie tötet, und ebenso weichen nun diese Pilze auch als Fäulniserreger des Obstes von den übrigen etwas ab. *Botrytis cinerea* wird den besseren Apfelsorten wenig gefährlich, stellt sich aber nach Zschokke (1) auf Süßäpfeln ziemlich häufig ein und ist jedenfalls ein Hauptfäulniserreger bei Birnen, auf denen sie dann gerne ansehnliche Sklerotien (s. Bd. I, S. 178) bildet. Sie ist auch der hauptsächlichste Feind der reifen Quitten, die nach abgeschlossener Fäulnis oft mit den schwarzen Sklerotien ganz überdeckt sind. Nach Zschokke (1) meidet *Botrytis* die Johannisbeeren, nach Behrens (1) ist sie deren typischer Fäulnispilz; verschiedener Säuregehalt bzw. Reifegrad der Beeren mag Veranlassung zu diesen widersprechenden Beobachtungsergebnissen gegeben haben. Während Steinobstfrüchte, besonders die Kirschen, ziemlich häufig von *Botrytis* befallen werden, ist das Verderben der Erdbeeren in den meisten Fällen ihr Werk, diese sind dann von dem mausgrauen, dichten Konidienrasen vollständig eingehüllt. Die Hauptbedeutung erhält jedoch *Botrytis* als Fäulnispilz der Trauben. Wenn sie, wie in den Jahren 1900 und 1901, in kurzer Zeit einen großen Teil der noch nicht ganz ausgereiften Trauben in sämtlichen Weinbaugebieten ergreift, erreicht der Schaden eine solche Höhe, daß der durch alle übrigen Fäulniserreger zusammen angerichtete dagegen klein erscheint. Die von Wortmann (4) näher untersuchte Rohfäule der Trauben sowie die durch *Botrytis* an vollständig ausgereiften Trauben verursachte, von Müller-Thurgau (2) erforschte Edelfäule sollen im 15. Kapitel dieses Bandes eingehender behandelt werden.

Die Fähigkeit, sich in unreifen Früchten auszubreiten, die *Botrytis* für die Trauben gelegentlich so gefährlich macht, eignet in fast noch höherem Grade der verwandten *Monilia fructigena* sowie der von Thümen (1) und Schröter (1) sowie neuerdings von Woronin auf Grund genauer Untersuchung von dieser abgetrennten *Monilia cinerea* (Bon.) Schröter auf Kirschen. Die schon von Schröter (1) und Woronin (1) aus der Form der Konidien (Chlamydosporen) gewonnene Ansicht, daß diese Pilze Sclerotinien sind, erreicht dadurch, daß Norton (1) und Aderhold (2) auf den moniliakranken Früchten Apothecien (s. Bd. I, S. 190 u. 213) aufgefunden haben, einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit. Bezüglich der Entwicklungs- und Lebensweise dieser Pilze sei auf die Arbeiten von Wortmann (2), Behrens (1), Wehmer (4), Sorauer (3), Woronin (1) und Aderhold (2) verwiesen, wo sich auch die weitere Literatur verzeichnet findet; hier kommen sie nur nach ihrer Bedeutung als Fäulniserreger in Betracht. Da *Monilia fructigena* (*Sclerotinia fructigena* Pers.)

Schröt. nicht auf reife Früchte beschränkt ist, so findet man in einzelnen Jahren davon befallene Früchte in allen Entwicklungsstadien noch an den Bäumen hängend, oder darunter liegend. Selbst nur halb ausgewachsene, noch vollkommen harte Früchte, in denen bei künstlicher Infektion andere Pilze nicht zu wachsen vermöchten, unterliegen sofort dem Angriff der *Monilia*. Allerdings muß, falls die Ansteckung durch Sporen erfolgen soll, eine Eintrittsöffnung vorhanden sein: denn durch die unverletzte Epidermis vermag der noch wenig gut genährte Keimschlauch nicht einzudringen. Daher kann man als Mittelpunkt eines *Monilia*-Faulflecks regelmäßig eine oft schon dem bloßen Auge sichtbare Oeffnung wahrnehmen, die Austrittsstelle einer Obstmade, kleine Risse oder dgl. Ist eine Frucht von *Monilia* durchfault, so vermag letztere nach Wortmann (2) dann auch in eine unverletzte anliegende Frucht einzudringen, eine Erscheinung, von der im folgenden Paragraphen noch die Rede sein wird. Der durch *Monilia* angerichtete Schaden variiert in den verschiedenen Jahren, was wohl von den Witterungsverhältnissen, vom Auftreten der Schorfkrankheit, von der Häufigkeit der Wespen, etwaigen Hagelschaden usw. abhängt. Er kann recht beträchtlich sein und erreichte z. B. nach Albert (1) im Jahre 1895 im Obstgarten der Geisenheimer Lehranstalt 15—20 Proz. des ganzen Ertrages. Allerdings ergreift die *Monilia*-Fäule die Aepfel und Birnen zum weitaus größten Teil in einem frühen Entwicklungsstadium, im unreifen oder gerade ausgereiften Zustande; allein sie kann gelegentlich auch an den Vorräten im Keller auftreten, jedoch ist dies selbst in *Monilia*-Jahren nicht immer der Fall, so daß hier neben der üblichen Entfernung angesteckter Früchte wahrscheinlich äußere, noch nicht näher erforschte Umstände, vielleicht Temperatur und Feuchtigkeit des Lagerraumes, ausschlaggebend sind; vielleicht auch, daß das jetzt gut gedeihende *Penicillium* alle Infektionsgelegenheiten in Anspruch nimmt. Das Fleisch der von *Monilia* befallenen Kernobstfrüchte, zumal der Aepfel, zeigt eine eigenartige, derbfeste, trockene Beschaffenheit, die von der weichen breiigen der sonstigen faulen Früchte abweicht. Da die von *Monilia* durchwachsenen Kernobstfrüchte zudem nicht so schnell zerfallen, sondern meist recht haltbar sind, wollten Wehmer und Woronin diese Erscheinung von der echten Fäulnis trennen. Doch besteht hierfür, wie schon Behrens (1) andeutete, kein zwingender Grund, da moniliafaule Früchte anfangs ebenfalls weich sind und erst nachträglich erhärten und da auch die von anderen Pilzen verursachten Fäulniserscheinungen voneinander mehr oder weniger abweichen. An trockenen Orten liegende, besonders aber die an den Bäumen hängen bleibenden moniliafaulen Früchte schrumpfen allmählich ein und halten in diesem mumifizierten Zustande bis zum Frühjahre aus, wo dann auf ihnen wieder neue Konidienhaufen zum Vorschein kommen, so daß sie die geeignetsten Ueberwinterungsstellen des Pilzes sind. Auf den frisch infizierten Früchten erscheinen schon bald um die Infektionsstelle, in konzentrischen Ringen angeordnet, die festen weißen bis ockerfarbenen Konidienpolster (*Fig. 1*). Doch findet diese Sporenbildung nicht immer gleich reichlich statt; zumal bei den sogen. schwarzfaulen Aepfeln ist sie gewöhnlich spärlich oder bleibt ganz aus. Die Schwarzfäule tritt lange nicht bei jedem moniliafaulen Apfel auf; es hängt dies größtenteils von der geringeren oder stärkeren Derbheit der Cuticularschicht ab. Im ersteren Fall werden die Aepfel braun und bedecken sich bald mit den Konidienpolstern, einzelne können später doch noch schwarz werden; im

zweiten Falle scheint der Pilz die derbe Cuticula nicht durchbrechen zu können und bildet unter dieser eine sklerotische Rindenschicht, die, wie Woronin (1) zeigte, in der inneren und äußeren Grenzzone ein olivenbraunes Pigment enthält, das zusammen mit dem braungefärbten Inhalt der Fruchtzellen die tiefschwarze Färbung der schwarzfaulen Aepfel hervorbringt. Diese merkwürdige, ziemlich mächtige Sklerotienschicht mit ihrer Schwarzfärbung läßt sich übrigens, wenn auch seltener, an Birnen und Quitten ebenfalls beobachten. Ob aus ihr ebenfalls Apothecien hervorgehen oder nur aus den gelegentlich zu beobachtenden isolierten eigentlichen Sklerotien, wartet noch der Entscheidung. — Von *Monilia fructigena*, mit der sich sämtliche Steinobstfrüchte leicht infizieren lassen, wird angegeben, daß sie in der freien Natur an Pfirsichen, Aprikosen, Pflaumen, Mirabellen, Zwetschen und vereinzelt auch an



Fig. 1. Monilia fructigena. Querschnitt durch ein Konidienpolster auf einer jungen Birne. Die dicht gedrängten, verzweigten Konidienträger bilden mit den zahlreichen Konidiensporen eine feste Masse, ein Polster. Die Epidermis (*e*) der Birne wurde durch das Polster gesprengt. *m* das Mycelium des Pilzes zwischen den abgestorbenen Zellen der Birne. Vergr. 120. — Rechts einige Konidienketten bei stärkerer Vergrößerung.

Schlehen auftrete, während Kirschen regelmäßig von der an den graugefärbten Konidienpolstern zu erkennenden *Monilia cinerea* befallen werden. Da bei den früheren Beobachtungen die beiden Spezies nicht unterschieden wurden, so läßt sich auf Grund der vorliegenden Angaben der Anteil der beiden Pilze an der Fäulnis der Steinobstfrüchte nicht feststellen. Auf Weintrauben findet man *Monilia* nur selten, nach Ansicht Wortmann's (2), weil sie durch *Botrytis cinerea* verdrängt wird, die alle sich zur Infektion darbietenden Stellen sofort beschlagnahmt.

Von den zur Gattung *Mucor* gehörigen Fäulniserregern kommt nach den vorliegenden Angaben *M. piriformis* Fisch. die größte wirtschaftliche Bedeutung zu, wenn sie auch bei weitem nicht die von *Penicillium*, *Botrytis* und *Monilia* erreicht. Besonders fallen ihm saftige Birnsorten anheim, seltener Aepfel. Der schon von Davaine (1) als Fäulnispilz erwähnte *M. mucedo* L. dürfte mit *M. piriformis* identisch sein, vielleicht auch der von Sorauer (1) als Verderber des Beerenobstes angeführte Pilz. *Rhizopus nigricans* Ehrbg. tritt nur gelegentlich

stärker auf und zwar, wie ZSCHOKKE (1) anführt, wahrscheinlich nur an verletzten Birnen, seltener an Aepfeln. Vorräte von Steinobst und Beerenobst, das beim Pflücken verletzt wurde, sind, nach letzterem Autor, bald vom Mycel dieses Pilzes durchwachsen. Er dringt auch 5 ähnlich wie *Penicillium* in das Innere von Nüssen ein und verdirbt den Kern. *M. racemosus* FRES., den BREFELD (1) als auf weichen Früchten vorkommend anführt und WEHMER speziell als Fäulniserreger der Zwetschen erwähnt, besitzt nur geringe Bedeutung.

Noch müssen einige Fäulnispilze kurz berührt werden, die, wenn sie 10 auch nicht allgemein verbreitet sind, doch Interesse bieten. *Gloeosporium fructigenum* BERK. wurde zuerst aus Amerika, dann aus England als Erreger der Bitterfäule von Aepfeln gemeldet, tritt aber auch in Deutschland und in der Schweiz gar nicht selten auf. Ueber den enormen Schaden, den dieser Pilz an den Aepfeln in den südlichen Unionsstaaten 15 anrichtet und über sein gleichzeitiges Auftreten als Krebserreger berichten BURILL und BLAIR (1). Der Pilz erzeugt eine schnell um sich greifende, mit Erweichung des Gewebes verbundene Fäulnis. Auf den

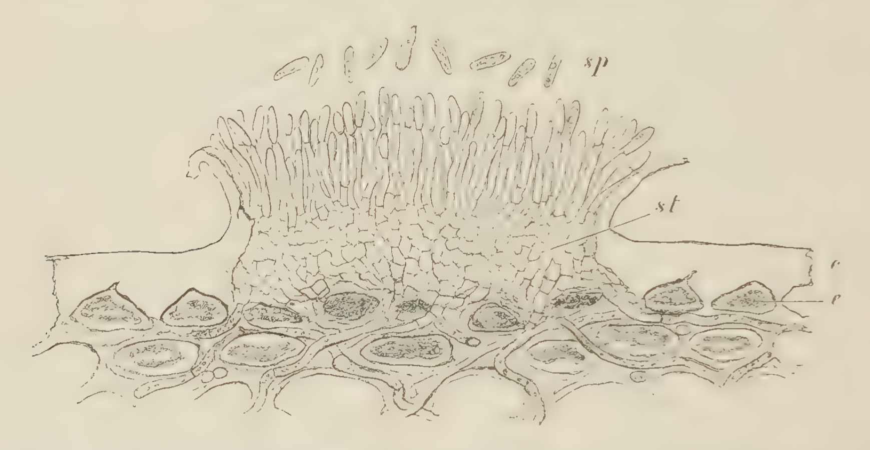


Fig. 2. Gloeosporium fructigenum BERK. Querschnitt durch ein Konidienlager auf einem Apfel. Das Protoplasma der abgestorbenen Zellen des Apfels ist zusammengezogen und gebräunt. Zwischen den Zellen sieht man die Hyphen des Pilzes. Das Stroma (*st*) hat die dicke cuticularisierte Außenwand (*c*) der Epidermis (*e*) gesprengt und entwickelt auf kurzen Trägern die Konidiensporen (*sp*). — Vergr. 380.

einsinkenden Faulstellen brechen die anfangs farblosen, später orangefarbenen Konidienmassen hervor *(Fig. 2)*; doch gelangen diese, wie schon 20 ADERHOLD (1) beobachtete, nicht immer zum Durchbruch. Wie SORAUER (1) anführt, verursacht *Gl. laeticolor* BERK. in England Fäulnis an Pfirsich und Aprikose, *Gl. fructigenum* BERK. an Birnen und *Gl. versicolor* B. et C. an Aepfeln. Nach ALWOOD (1) und SOUTHWORTH (1) sind jedoch diese drei Species sowie *Ascochyta rufomaculans* BERK. identisch. H. VON SCHRENK 25 und PERLEY SPAULDING (1) stimmen dem bei, wollen aber den Pilz, nachdem CLINTON im Jahre 1902 dessen vollkommene Form beschrieben, statt *Gleosporium fructigenum* nun *Glomerella rufomaculans* (BERK.) SPAULD. et v. SCHR. nennen. C. VON TUBEUF (1) erwähnt, daß dieser Pilz in Amerika eine Traubenfäule (Reiffäule nach GALLOWAY) verursache, 30 und OSTERWALDER (1) schildert eine in der Schweiz auftretende *Gloeosporium*-Fäule der Kirschen. Nach seinen Beobachtungen dringt der Pilz

bei Infektionsversuchen nur durch verwundete Stellen ein, was nach TUBEUF (1) auch bei Aepfeln der Fall ist. Da die *Gloeosporium*-Fäule weder Trauben noch Kirschen bitter macht, ist es unzweckmäßig, sie als Bitterfäule zu bezeichnen, um so mehr, als andere Pilze ebenfalls den faulen Früchten einen bitteren Geschmack verleihen können.

Cephalothecium roseum CDA. und *Trichothecium* LINK, diese nah verwandten Pilze, die man gewohnt ist, als Saprophyten auf längst abgestorbenen Pflanzenteilen zu finden, vermögen auch als Fäulniserreger in Früchte einzudringen. *Cephalothecium* bildet auf schlanken Trägern köpfchenförmig zusammengedrängte zweizellige Sporen *(Fig. 3)*, während diese bei *Trichothecium* einzeln stehen. Die von *Cephalothecium* befallenen Aepfel werden von JOHN CRAIG und VAN HOOK (1) als bitterfaul bezeichnet, ebenso von F. REINITZER (1) und EUSTACE (1), welch letzterer ein epidemisches Auftreten von *Cephalothecium* an Aepfeln bei Newyork eingehender schildert. Spuren von Erkrankung konnten schon an dem auf den Bäumen befindlichen Obste beobachtet werden; der größte Schaden entstand aber, als die Früchte gelagert und verpackt wurden. Das Auftreten dieser Bitterfäule hing mit dem von *Fusicladium* zusammen, indem Schorfflecken dem Pilze den Eintritt in die Früchte ermöglichten. Während von den verschiedenen Apfelsorten fast ausschließlich eine befallen wurde, ließ sich der Pilz künstlich auf andere Sorten, auf Birnen, Quitten und Trauben übertragen. Entgegen der Anschauung von ZSCHOKKE (1) und BEHRENS (1) gehört *Cephalothecium* also doch, wie schon DAVAINE (1) erwähnte, zu den Fäulniserregern des Obstes. Zu dem gleichen Ergebnis gelangte MALKOFF (1), der erfolgreiche Infektionsversuche mit reingezüchteten Sporen bei Birnen und Aepfeln anstellte. Ein Verderben von Birnen durch *C. roseum*, wobei der Pilz ebenfalls nur durch *Fusicladium*-Flecken eindrang, schildert ADERHOLD (1) als Schalenfäule. IWANOFF (1) beschreibt eine durch *Trichothecium roseum* verursachte Bitterfäule von Pflaumen, von wo er den Pilz mit Erfolg auch auf Aepfel und Birnen übertrug. Nach seiner Zeichnung zeigt dieser große Uebereinstimmung mit *Cephalothecium*. Die Bitterfäule an Hasel- und Arvennüssen wird nach ihm durch den gleichen Pilz verursacht.



Fig. 3. Cephalothecium roseum CORDA. Aus dem Mycel sich erhebende Fruchtträger mit in Köpfchen zusammenstehenden Sporen. Nach CORDA.

Unter dem Namen *Fusarium putrefaciens* n. sp. beschreibt OSTERWALDER (2) einen bis dahin unbekannten Obstfäulnispilz, der am Zürichsee und unbekannterweise wohl auch in anderen Gegenden einige Bedeutung besitzt und zudem durch sein eigenartiges Verhalten von Interesse ist. Am meisten disponiert erwies sich der geschätzte Danziger Kantapfel, doch wurden auch andere Sorten befallen. Die Fäule, die in der Regel im Kernhaus beginnt, kann den ganzen Apfel ergreifen, bevor man äußerlich etwas wahrnimmt. Das trockenfaule, bitter

schmeckende Fleisch ist dann noch von der lebenden Epidermis überzogen, die schließlich ebenfalls abstirbt, aber nun vom Pilze nicht abgehoben oder durchwachsen wird wie bei *Penicillium* oder *Gloeosporium*. Das bloß durch Oeffnungen, Lenticellen bzw. Spaltöffnungen nach außen gelangende Mycel entwickelt sich auf der Oberfläche nur wenig in Form kleiner sternförmig ausstrahlender Hyphenbüschel. Im Kernhaus trifft man dagegen meist ein stark ausgebildetes, grünlich gelbes oder scharlachrotes Luftmycel, das vereinzelte Sporen bildet. Diese eigenartige, von innen her vorrückende Fäulnis ist durch den Bau der Frucht erklärlich. Der Danziger Kantapfel, wie auch Goldparmäne und Welsch Kampanner haben eine offen bleibende Griffelröhre, durch welche eine Infektion nach dem Kernhause hin möglich ist. Da auch dieser Pilz die unverletzte Epidermis nicht zu durchwachsen vermag und da er außerdem, wie Infektionsversuche zeigten, in den peripheren Schichten weniger gut gedeiht als in den Partien beim Kernhaus, ist einigermaßen dargetan, warum die *Fusarium*-Fäule gewöhnlich von hier ausgeht. Das von Jacky (1) an einem einzelnen faulen Apfel beobachtete *Fusarium apiogenum* Sacc. ist nach der Beschreibung ein anderer Pilz, dessen Pathogenität durch den vereinzelten Fall nicht dargetan ist.

Wenn äußere Verhältnisse oder auch vielleicht die Beschaffenheit der Frucht das Auftreten der gewöhnlichen Fäulniserreger nicht gestatten, so vermag dann wohl ein Pilz, dem die Umstände besser zusagen, ausnahmsweise zur Geltung zu gelangen; es kann daher nicht überraschen, wenn in Zukunft hie und da wieder ein weiterer Fäulnispilz auf Obst bekannt wird. Ein hierher gehörendes Beispiel dürfte die von Eustace (2) beschriebene, durch *Hypochnus spec.*, einen Basidiomyceten aus der Familie der Telephoreen (s. Bd. I, S. 219), verursachte Apfelfäule sein. Die in Amerika aufgetretene Erscheinung ist äußerlich der Cephalotheciumfäule ähnlich; der Pilz dringt nur durch Schorfwunden ein und läßt sich auch auf Birnen übertragen.

Zum Schlusse soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Traubenbeeren häufig durch *Peronospora* (= *Plasmopara*, s. Bd. I, S. 205) *viticola* Berl. et de Toni (Lederbeerenkrankheit), durch *Coniothyrium diplodiella* Sacc. (Weißfäule) und durch *Guignardia Bidwellii* Viala et Ravaz (Schwarzfäule) getötet und zersetzt werden. Wenn auch diese Erscheinungen mit denen der Obstfäule manche Uebereinstimmung zeigen, so pflegt man sie doch nicht dazu zu rechnen. In dem Handbuch der Rebenkrankheiten von P. Viala (1) findet sich eine eingehende Schilderung nebst bildlicher Darstellung derselben.

Die im Vorstehenden zusammengefaßten Beobachtungen sind unvollständig und zum Teil mangelhaft. Abgesehen davon, daß die Fäulnis mancher Früchte noch nicht einmal hinsichtlich der Art der sie verursachenden Pilze studiert ist, und andererseits die eßbaren Früchte der warmen Länder, wie Datteln, Bananen etc., ganz unberücksichtigt blieben, sind eben manche Angaben nur das Ergebnis gelegentlicher Beobachtungen und nicht etwa einer tiefer gehenden methodischen Untersuchung. Auch die Beobachtungen derjenigen, die bestrebt waren, einen Ueberblick über das Auftreten der Fäulnispilze zu erhalten, waren in hohem Grade von unberücksichtigt gebliebenen lokalen Verhältnissen abhängig, die das Auftreten gewisser Fäulniserreger begünstigen, andere dagegen hemmen konnten. Leider finden sich meist keine Angaben über die Temperatur der Aufbewahrungsräume, die Feuchtigkeitsverhältnisse, darüber, ob angefaulte Exemplare rechtzeitig und mindestens vor der

Sporenbildung aus dem Vorrate entfernt wurden oder nicht usw. Eine Zusammenstellung zahlreicher, in diesem Sinne möglichst zuverlässiger und vollständiger Angaben über spontan entstandene Fäulnisfälle dürfte in Verbindung mit richtig durchgeführten Infektionsversuchen dann auch erkennen lassen, warum im einen Falle dieser, im zweiten ein anderer Pilz als vorherrschender Fäulniserreger auftrat, überhaupt weitere Aufschlüsse über das Wesen des Vorganges und etwa zu ergreifende Schutzmaßregeln ergeben.

§ 15. Eindringen der Pilze; natürliche Schutzmittel der Früchte.

Soll das Fleisch der Obstfrüchte seinen Zweck als Verbreitungsmittel der Samen erfüllen, so sind Schutzvorrichtungen gegen Angriffe von Pilzen wie auch von tierischen Schädlingen erforderlich; denn schon frühzeitig werden darin organische Verbindungen gespeichert, die für jene als Nahrung geeignet wären. Vor allem ist die Epidermis dieser ihrer Aufgabe besonders angepaßt. Der lückenlose Anschluß der Zellen, die mächtige Entwicklung und die Cuticularisierung ihrer Außenwände, sowie die Ausbildung einer kräftigen, häufig noch mit einer Wachsschicht bedeckten Cuticula verwehren jedem der genannten Fäulniserreger den Eingang, während allerdings energische Parasiten, wie *Fusicladium*, einzudringen vermögen. Eine eingehende Darstellung dieser Verhältnisse, in die hier nicht weiter eingetreten werden kann, gibt ZSCHOKKE (1). Auch die Spaltöffnungen, die bei Aepfeln und Birnen in der Jugend regelmäßig, wenn auch in relativ geringer Zahl, vorkommen, ermöglichen den Eintritt jetzt noch nicht, wohl weil chemotropisch wirkende Substanzen fehlen. Erfährt beim weiteren Wachstum die Epidermis eine starke Dehnung, so werden die Spaltöffnungen zwar häufig aufgeschlitzt, allein meist bildet sich schon vorher darunter eine kleine Korkschicht, wenn auch nicht gerade eine wirkliche Lenticelle. Diese sternförmigen, der Durchlüftung dienenden „Korktüpfel" zeigen sich für das Eindringen von Keimschläuchen ebenfalls nicht sehr geeignet. Bei sehr starker Verdickung und Cuticularisierung der Epidermis, namentlich aber, wenn diese, wie bei den Lederreinetten und Lederbirnen, durch eine Korkschicht ersetzt wird, entstehen an Stelle der Spaltöffnungen beim weiteren Wachstum richtig ausgebildete Lenticellen, für die das gleiche gilt. Bietet schon die Hautschicht dem Fruchtfleisch einen weitgehenden Schutz, so ist dieses, wenigstens im unreifen Zustande, auch durch die eigene Beschaffenheit bis zu einem gewissen Grade geschützt. Nach WEHMER's (1) Ansicht wirken die derben, lückenlos verbundenen Zellen bei dem vorzugsweise intercellularen Wachstum der Hyphen einer Infektion entgegen; doch scheint dieser Umstand, wenigstens für *Monilia*, die in ganz unreife Früchte eindringt, nicht von ausschlaggebender Bedeutung zu sein, während wohl die chemische und sonstige Beschaffenheit des Zellinhaltes für sämtliche Fäulnispilze ein größeres Hindernis bildet. Nicht nur ist der Zuckergehalt der Zellen noch gering, sondern sie enthalten auch verschiedene Stoffe, die nachteilig auf das Gedeihen der Pilze einwirken, wie organische Säuren und Gerbstoff in großer Menge, und zudem sind die Protoplasten im lebenskräftigsten Zustande. So besitzen denn die jungen Früchte schon in der Epidermis einen genügenden Schutz gegen alle Fäulniserreger, aber auch wenn diese verwundet wird, sind fast sämtliche unfähig, in das Fruchtfleisch einzu-

dringen. Nur die Monilien und bei Traubenbeeren *Botrytis cinerea* vermögen mit ihren energischer wirkenden Angriffsmitteln die jugendkräftigen Protoplasten zu töten und den austretenden Säuren etc. zu widerstehen.

5 Mit herannahender Samenreife ändert sich rasch die Beschaffenheit des Fruchtfleisches; es wird saftig, weich, der Zellverband lockert sich, der Zuckergehalt des Saftes steigt schnell, der Säuregehalt nimmt ab und der Gerbstoff schwindet. Auch noch in anderer, weiter unten zu erörternder Weise äußert sich der Einfluß des zunehmenden Alters der 10 Zellen, und zwar vom erreichten Reifestadium an in rasch steigendem Maße. In gleichem Maße verlieren die Früchte die Widerstandsfähigkeit gegen die Fäulniserreger. Doch bevor wir hierauf eintreten, sollen zunächst einige **äußere Bedingungen** erwähnt werden, von denen es abhängt, ob und von welchem Pilze eine Frucht ergriffen wird. Da 15 Fäulnispilze in der Regel nicht durch die unverletzte Haut einzudringen vermögen, Verletzungen oder sonstige geeignete Oeffnungen aber nicht so häufig sind, so hängt die Wahrscheinlichkeit der Infektion wesentlich von der Zahl bzw. Dichte der aufgestreuten Pilzsporen ab, woraus dann ersichtlich wird, warum herumliegende faule Früchte die Fäulnis fördern 20 können. Es liegt nahe, daß dann gerade mit von ihnen ausgehenden Sporen ein großer Teil der Früchte infiziert wird und daß so der eine oder andere Pilz als herrschender Fäulniserreger auftreten kann. Da Penicillium und die Mucorineen zudem auf leblosen Substraten wachsen, so kann z. B. in einem Keller auch durch ein derartiges Vorkommnis 25 die Häufigkeit und Art der Obstfäule ebenfalls beeinflußt werden. Behrens (1) schildert, wie in seinem Laboratorium Stubenfliegen an den Konidienpolstern eines moniliafaulen Apfels zu lecken pflegten und, da sie nachher andere, entfernt davon liegende Früchte aufsuchten, deren Infektion herbeiführten. Begreiflich ist, daß auch im Freien, wenn 30 einzelne von *Monilia* befallene Früchte an den Bäumen hängen, auf gleiche Weise alle wurmstichigen oder sonst verletzten von dem gleichen Pilze angesteckt werden; denn die Insekten suchen mit Vorliebe die Wunden der Früchte auf. Hier wäre auch noch anzufügen, daß, wenn auf eine Frucht die Sporen verschiedener Fäulniserreger ausgesät wurden, 35 nach den vorliegenden und bereits angeführten Beobachtungen derjenige die Fäulnis verursachen wird, für den die äußeren Verhältnisse und die Fruchtbeschaffenheit am günstigsten liegen.

Damit die Sporen keimen können, ist ein gewisser Feuchtigkeitsgrad der Luft oder oberflächliche Wasseransammlung auf den Früchten not- 40 wendig. Dieser fäulnisfördernde Einfluß der Feuchtigkeit wurde schon von Davaine (1) hervorgehoben und von späteren Beobachtern bestätigt. Der bei anhaltend trockener Lagerung eintretende Wasserverlust der Früchte vermehrt ihre Widerstandsfähigkeit, wohl weil dadurch der relative Gehalt an Säuren, Gerbstoff etc. erhöht wird. Etwas kompli- 45 zierter erscheint die Einwirkung der Temperatur. Wenn auch in warmen Räumen lagernde Früchte rascher altern und daher früher zur Fäulnis disponiert werden, so kann, wie Wehmer (1) hervorhebt, die Wärme andererseits ein rascheres Welken der sich enger zusammenschließenden peripheren Zellschichten zur Folge haben, so daß die an mäßig warmen 50 und daher gewöhnlich trockenen Orten aufbewahrten Früchte weniger ansteckungsfähig erscheinen. Im Grunde käme es doch auch hier auf die Feuchtigkeit an. Die einmal eingeleitete Fäulnis wird natürlich bei niederer Temperatur langsamer fortschreiten als bei einer höheren, noch

unter dem Optimum für das Wachstum des betreffenden Pilzes liegenden. Ob bei verschieden warmer Lagerung des Obstes bald mehr der eine, bald mehr ein anderer Fäulnispilz günstigere Infektionsbedingungen findet, ist noch nicht untersucht. Bei den allerdings nicht hierher gehörenden *Aspergillus*-Arten (s. 10. Kap. d. IV. Bds.) konnte WEHMER (2) wärmeliebende und wärmefeindliche unterscheiden.

Daß die Widerstandsfähigkeit der Früchte gegen Fäulnis mit zunehmender Reife abnimmt, haben schon DAVAINE (1) und BREFELD (1) erwähnt, dabei aber namentlich ihr Weicher- und Süßerwerden als das Wesentliche hervorgehoben. MÜLLER-THURGAU (2) stellte bei der Botrytisfäule der Trauben fest, daß ihr Auftreten vom Entwicklungszustande der Beeren abhängig sei. Mit zunehmender Reife vermindere sich die Lebenskräftigkeit der Beeren, wie aus dem Verlauf der physiologischen Vorgänge geschlossen werden könne; das gelte auch für die Hautzellen, die bei einer reifen Beere weniger lebenskräftig seien als bei einer unreifen und bei einer überreifen schon abzusterben begännen. Auch von anderen Autoren wird hervorgehoben, daß die Früchte erst nach erlangter Reife zur Fäulnis disponiert werden und die Erscheinung mit einer gewissen Altersschwäche zusammenhängt. In kritischer Weise behandelt WEHMER (1) diese Frage und kommt zu dem Resultate, daß, wenn die reifen Früchte für Fäulnis empfänglicher werden, dies weniger dem Aelterwerden zuzuschreiben sei als den verschiedenen inneren Veränderungen, die sie beim Reiferwerden erfahren. Nach den Darlegungen MÜLLER-THURGAU's (5) ist jedoch das Reifen nichts anderes als ein Altern und die beim Reifevorgang sowie nachher eintretenden Veränderungen einer Frucht sind größtenteils Alterssymptome. Es wird angebracht sein, diesen komplexen Begriff des Reifens oder Alterns zu zerlegen und zu sehen, inwieweit die Einzelfaktoren die Widerstandsfähigkeit der Früchte zu beschränken vermögen.

Schon die **Epidermis** ist bei reifen Früchten anders beschaffen als bei unreifen, weicher und leichter zu verletzen. Bei dünnhäutigen Früchten, z. B. der Erdbeere und Himbeere, vermögen jetzt Fäulnispilze scheinbar ohne vorhandene Wunde oder sonstige Oeffnung einzudringen, bei Kernobst dagegen ist zur Infektion auch jetzt noch eine Eingangspforte erforderlich, wie z. B. die Versuche von BREFELD (1) und ZSCHOKKE (1) erkennen lassen. Reife, ungefähr vier Wochen abgelagerte Aepfel verschiedener Sorten, die letzterer durch Waschen mit Alkohol benetzbar gemacht, zum Teil mit Wasser, zum Teil mit verdünntem Traubensaft benetzt und dann mit Penicilliumsporen überstäubt hatte, wurden in feuchtem Raume aufbewahrt. Bei den mit Wasser benetzten Früchten keimten einzelne Sporen, vermochten jedoch kein größeres Mycelium zu erzeugen, und die Früchte blieben bis auf eine Ausnahme gesund. Die mit Traubensaft benetzten Aepfel waren bald von einem feinen Hyphengespinst überzogen und nach einigen Tagen konnte man einige Faulstellen entstehen sehen. Im einen wie im anderen Falle ließ sich im Zentrum jedes Fleckens eine kleine Lücke in der Cuticula erkennen. Ein gleiches Resultat ergaben Versuche, bei denen auf die Früchte Traubensaftgelatine mit Penicilliumsporen gestrichen wurde. Hieraus darf doch wohl nur geschlossen werden, daß das Mycelium von *Penicillium*, das nach MIYOSHI (1) Cellulosenmembranen zu durchbohren vermag (s. Bd. I, S. 470), unter den vorliegenden Umständen nicht imstande war, durch die intakte Epidermis in Aepfel einzudringen. Selbst die vorausgehende saprophytische Heranzucht eines Myceliums hat dasselbe

nicht befähigt, die allerdings besser als eine gewöhnliche Zellmembran geschützte Außenwand der Epidermiszellen zu durchdringen. So lange kein Beweis für das Gegenteil vorliegt, wird man sich den Vorgang bei der häufig stattfindenden Ansteckung gesunder Aepfel durch anliegende penicilliumfaule ähnlich vorstellen müssen. Das aus diesen ausbrechende Mycel wird die gesunden an der Berührungsfläche mit einem dichten Mycel überziehen, dem dann auch die kleinste natürliche Oeffnung oder Verletzung nicht entgehen kann. Das gutgenährte Mycelium eines von *Penicillium* durchwucherten faulen Apfels vermag übrigens auch nicht durch die Zellen der Epidermis nach außen zu wachsen, sondern muß letztere, um zur Konidienbildung zu gelangen, sprengen. Ob das Resultat obiger Versuche auch für *Botrytis* und *Monilia*, bei denen der Uebergang von Frucht zu Frucht noch sicherer erfolgt, Geltung hat, müßte erst noch bewiesen werden. Nach den Untersuchungen von BEHRENS (1) stehen wenigstens dem ersten dieser beiden Pilzen energischer auf die Zellwände wirkende Mittel zur Verfügung, so daß ein direktes Hinüberwachsen von Frucht zu Frucht nicht ohne weiteres ausgeschlossen ist. Möglicherweise sind sie aber in diesem Falle doch, wie bei der Infektion durch Sporen, ebenfalls auf Eingangspforten angewiesen. Als solche werden von den Fäulnispilzen besonders intakte und aufgeschlitzte Spaltöffnungen benutzt, unter denen sich keine Korkschicht bildete, seltener Korktüpfel, sodann Risse, die infolge des Wachstums meist in der Nähe des Stieles oder Kelches entstehen, feinere oder gröbere Spalten quer durch die Schorfflecke, Fraßwunden von Insektenlarven, Wespen etc., Hagelwunden u. dgl. Die meisten Faulflecken gehen aber von Beschädigungen aus, die die Früchte beim Ernten, Verpacken und Transportieren erhalten. Gerade diese oft kaum sichtbaren Wunden sind bei reifen Früchten um so gefährlicher, als durch sie leicht etwas Saft austritt, der auf in der Nähe befindliche Keimschläuche anziehend wirkt. Daß außer durch diese Pforten in der Epidermis einzelne Pilze auch durch den abgebrochenen Stiel oder die offene Griffelröhre in die Früchte gelangen, sei hier nur erwähnt. Bei Steinobst und den Traubenbeeren, zumal im überreifen Zustande, finden die Pilze noch weitere Gelegenheiten, indem bald Zellpartien der Epidermis absterben. Ueberreife Traubenbeeren setzen dem Eindringen von *Botrytis* durch die Epidermis kein Hindernis mehr entgegen, der Zellverband ist gelockert, der Gerbstoff verschwunden.

Von mindestens eben so großer Bedeutung für den Fortgang des Fäulnisprozesses sind die beim Reifen im **Fruchtfleisch** eingetretenen Veränderungen; denn jetzt vermag es dem Vorwärtsdringen der Fäulniserreger keine oder nur geringe Hemmnisse entgegenzusetzen. Infektionsversuche führen regelmäßig zur Fäulnis, wenn auch immerhin je nach der Art der Früchte und je nachdem der Zeitpunkt der eingetretenen Reife mehr oder weniger überschritten ist, der eingedrungene Pilz bald schneller, bald nur langsam vorwärts dringt. Daß auch in ganz gleich beschaffenen Früchten die verschiedenen Fäulniserreger ungleich schnell vorwärts dringen, kann nicht überraschen. In reifen Birnen hat sich nach BREFELD und ZSCHOKKE, welch letzterer hierüber nähere Angaben macht, *Rhizopus nigricans* sehr rasch wachsend erwiesen. Da das Fruchtfleisch der reifen und noch mehr der überreifen Früchte weicher, im Zusammenhang lockerer und lufthaltiger ist, wie sich leicht feststellen läßt, so wird den gewöhnlich intercellular wachsenden Hyphen das Vorwärtsdringen schon dadurch wesentlich erleichtert. Die infolge des Pilz-

angriffes getöteten Zellen entlassen nun Inhaltsstoffe in die noch erweiterten Intercellularräume, und von der Beschaffenheit dieses austretenden Zellsaftes wird das weitere Gedeihen des sich davon nährenden Pilzes abhängen. Sind auch die beim Reifen stattfindenden chemischen Vorgänge nur teilweise erforscht, so steht doch heute fest, daß der Zuckergehalt dabei rasch steigt, daß die organischen Säuren zum Teil verschwinden und selbst nach erlangter Reife der Frucht immer noch weiter abnehmen, daß der in den Zellen unreifer Früchte vorherrschende Gerbstoff sich in reifen Früchten nur in geringer, in überreifen in kaum merkbarer Menge vorfindet. Alle diese Veränderungen wirken günstig auf das Gedeihen der Fäulnispilze ein, wozu dann noch kommt, daß die Menge der für sie direkt verwendbaren Stickstoffverbindungen mit dem Reifegrad zunimmt. Dem Einwand, daß die Zuckerzunahme für sich allein oder die Säure- und Gerbstoffabnahme nicht genügen, die Disposition der reifen Früchte für die Fäulnis zu erklären, ist entgegenzuhalten, daß hier eben eine ganze Reihe verschiedener Faktoren in gleichem Sinne wirkt, daß ihre Einwirkungen sich nicht nur summieren, sondern gegenseitig steigern. In dieser Kumulation der Einflüsse der verschiedenen chemischen Eigenschaften der Zellsäfte zusammen mit der physikalischen und anatomischen Veränderung des Fruchtfleisches mag die Disposition der reifen und überreifen Früchte für den Fäulnisvorgang zu einem großen Teil begründet sein. Es tritt aber noch ein weiterer Umstand hinzu, auf den namentlich auch Behrens (1) hinweist, nämlich die mit dem Altern und allmählichen Erlöschen des Lebens abnehmende Energie in den Lebensfunktionen der Zellen. Wie nach Müller-Thurgau (1) der Atmungsvorgang in reifen Früchten schwächer verläuft als in unreifen, so dürfte dies auch mit den anderen Funktionen der Protoplasten der Fall sein, und als Folgeerscheinung dieser Abnahme der Lebensenergie wären nicht allein die bereits erwähnten chemischen Aenderungen aufzufassen, sondern auch eine geringere Widerstandskraft der lebenden Fruchtzellen gegen die von den Fäulnispilzen ausgeschiedenen Gifte. Nach den Versuchen von Behrens kann die giftige Wirkung von *Penicillium* und *Botrytis* auf Hefe durch eine kräftigere Ernährung der letzteren (Zusatz von Pepton) bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen werden, und ähnlich wie hier bessere Ernährung kann sicher auch die höhere Lebensenergie junger Zellen die Widerstandsfähigkeit heben. Vielleicht, daß deren Abnahme beim Reifen zum Teil darin beruht, daß die Protoplasten bei den geschwächten Lebensfunktionen weniger befähigt sind, der Entwicklung der Pilze entgegenwirkende Anti-Enzyme und Gifte zu bilden.

Der Frage, warum *Penicillium* und *Mucor* nur saftige Früchte befallen und nicht auch andere Pflanzenorgane, sind besonders Wehmer (1) und Behrens (1) näher getreten. Letzterer hebt hervor, daß die Versuche Davaine's, nach denen bei Infektionsversuchen die fleischigen Blätter von *Mesembryanthemum* und *Sempervivum* und besonders die fleischigen Zweige von *Stapelia* durch *Mucor* zur Fäulnis gebracht wurden, nicht beweisend seien, weil die Mitwirkung anderer Pilze nicht ausgeschlossen war. Bei seinen eigenen Versuchen mit solchen Pflanzen erhielt er mit *Penicillium glaucum* nur negative Resultate, während *Botrytis*, wie zu erwarten war, auch hier parasitisch auftreten konnte. *Rhizopus nigricans* verhielt sich in einigen Versuchen nicht anders wie *Penicillium*. Auch die sonstigen Angaben über parasitisches Auftreten von *Penicillium* hält Behrens (1) nicht für genügend begründet. Da-

gegen scheint immerhin nicht ausgeschlossen, daß, wenn die Lebenstätigkeit eines Organes auf ein Minimum herabgesetzt und es zudem saftig ist, auch *Penicillium* und *Mucor* darin parasitisch zu leben vermöchten; dafür spricht ja auch das Auftreten von *Penicillium* in der 5 absterbenden grünen Außenschale der Baumnüsse. Während die anderen Organe der Pflanzen, solange sie mit ihnen in Verbindung stehen, beim Nachlassen der Lebensenergie rasch von den besten Inhaltsstoffen entleert werden und nach dem Ablösen bald absterben, finden wir in den Obstfrüchten Organe, die zu bestimmtem Zwecke reichlich mit nahr- 10 haften organischen Verbindungen gefüllt sind, bei denen eine Entleerung vor der Trennung vom Baume zweckwidrig wäre und die nachher nicht rasch absterben, um nun von saprophytischen Pilzen verzehrt zu werden, sondern in diesem reifen Zustande isoliert längere Zeit ein eigenartiges, allerdings immer schwächer werdendes Leben fristen. Diese saftigen, 15 nährstoffreichen, jedoch dem Absterben entgegengehenden Organe fallen nun sogar so schwach parasitischen Pilzen wie *Penicillium* und *Mucor* zur Beute. Ein zu rasches Verderben würde aber leicht den Endzweck der Früchte, der Verbreitung der Samen zu dienen, vereiteln, und so bleiben denn die Anpassungseinrichtungen zum Schutze gegen Pilze je 20 nach Art und Sorte der Frucht nach ihrem Genießbarwerden noch kürzere oder längere Zeit wirksam.

Bei den großen Abweichungen im Bau der Epidermis und der Beschaffenheit des Fruchtfleisches kann es nicht auffällig erscheinen, daß die verschiedenen Arten und Sorten der Früchte ungleich stark zur 25 Fäulnis disponiert sind. Ja man wird begreifen, daß sogar Früchte der gleichen Sorte, aber in verschiedenen Gegenden oder Jahren gewachsen, nicht gleich lange haltbar sind. Die klimatischen Einflüsse, unter denen eine Frucht wuchs, können nicht allein einen festeren Ausbau der Epidermis verursachen, sondern auch günstig auf die chemische und 30 sonstige Beschaffenheit des Fruchtfleisches, sowie auf dessen natürliche Lebensdauer einwirken. Ebenso wird sicher ein weitgehender diesbezüglicher Einfluß durch die Ernährung der betreffenden Pflanze und besonders durch die assimilatorische Tätigkeit gesund erhaltener Blätter ausgeübt.

35 Auch die Spezialisierung der Fäulnispilze auf gewisse Fruchtarten oder Reifezustände kann nicht überraschen. Nicht nur besitzen diese Pilze nachgewiesenermaßen verschieden energische Angriffsmittel und sind zudem ungleich empfindlich gegen die schädigenden Bestandteile der Fruchtsäfte, sondern es sind anderseits auch die Früchte in Bau 40 und Zusammensetzung voneinander so abweichend, daß begreiflich ist, wenn der eine Pilz leichter in diese, ein zweiter besser in eine andere Frucht eindringt, wenn z. B. *Penicillium* mehr die Aepfel bedroht, *Botrytis* dagegen diesen ziemlich ungefährlich ist und dafür die Birnen bevorzugt, wenn von den beiden Monilien das Kernobst ausschließlich 45 durch *Monilia fructigena*, die Kirschen von *M. cinerea* befallen werden usf. Uebrigens bedürfen die im Vorstehenden skizzierten Beziehungen zwischen Fruchtbeschaffenheit und Fäulnispilzen, sowie überhaupt die in diesem Paragraphen dargelegten Anschauungen noch weiterer wissenschaftlicher Begründung.

§ 16. Veränderung der Früchte durch die Fäulnispilze.

Ein bis zwei Tage nach gelungener Infektion ist in der Regel die eingetretene Fäulnis schon äußerlich sichtbar, indem um die Infektionsstelle sich ein brauner Fleck zeigt, der sich nun, der Ausbreitung des Mycels im Fruchtfleisch entsprechend, von Tag zu Tag weiter ausdehnt. 5 Dabei breitet sich die Fäulnis nach dem Innern meist eben so schnell aus wie peripherisch unter der Epidermis; doch kann auch, durch die Beschaffenheit des Fruchtfleisches und die Eigenschaften des Pilzes bedingt, die Ausbreitung mehr peripherisch, z. B. bei der Schalenfäule der Birnen durch *Cephalothecium*, oder vorwiegend in zentripetaler Richtung, 10 wie hie und da bei der Penicilliumfäule der Aepfel, vor sich gehen. Das faule Fleisch zeigt stets eine bräunliche Verfärbung, je nach der Fruchtbeschaffenheit heller oder dunkler; doch hat auch der Fäulniserreger hierauf Einfluß. Penicilliumfaule Aepfel sind regelmäßig heller gefärbt als von *Mucor* oder *Botrytis* befallene, oft nur gelblich bis hell- 15 braun, letztere dagegen meist dunkelbraun. Auch hinsichtlich der Konsistenz des Fruchtfleisches findet eine Veränderung statt; meist wird es weicher, oft fast breiartig. Zudem sind Geruch und Geschmack verändert, so daß je nach der Art des Pilzes und der Dauer der Fäulnis die Früchte entweder nur unschmackhaft, oder aber ganz ungenießbar 20 und zur technischen Verarbeitung unbrauchbar werden, doch ist hierauf weiter unten noch näher einzutreten.

Die im Innern faulender Früchte auftretenden Erscheinungen lassen sich zum Zwecke einer genaueren Untersuchung in natürlicher Weise in solche gruppieren, die nur als **Folgen des Absterbens der Zellen** 25 zu betrachten sind, und in solche, die direkt durch die Pilztätigkeit verursacht werden. Sobald bei einer in Fäulnis begriffenen Frucht die Zellen der Epidermis und des Fruchtfleisches abgestorben sind, erleiden sie Veränderungen, die wir in abgestorbenen Organen überhaupt beobachten. Speziell die Zellen teiger Birnen zeigen, wie schon Brefeld (1) 30 erkannte, große Uebereinstimmung mit denjenigen frisch gefaulter Fruchtpartien. Beim Absterben verändert der Protoplast seine osmotischen Eigenschaften, kontrahiert sich und läßt den Zellsaft mit den in ihm gelösten Stoffen frei durch sich hindurch austreten. Da die Zellwand kein Hindernis bietet, wird der Saft zum Teil in die Intercellularräume 35 gelangen. Die Zellen verlieren dabei ihren Turgor und das Fruchtfleisch jenen Teil der Gesamtfestigkeit, der auf diesem beruhte. Das Fleisch wird weich und läßt beim Anschneiden Saft austreten, ja sogar ohnedies entlassen gelegentlich faule Früchte eine beträchtliche Menge von solchem. Bei der hierbei eintretenden Vermischung des gerbstoffhaltigen 40 Zellsaftes mit dem an Proteinkörpern reichen Protoplasma wird sich leicht der Gerbstoff mit den Eiweißkörpern zu einer unlöslichen lederartigen Verbindung vereinigen. Mit dieser Erklärung für die längst bekannte Abnahme des Gerbstoffes beim Faulen der Früchte würde dann auch im Einklang stehen die starke, ebenfalls ohne Ein- 45 wirkung eines Pilzes zustandekommende Abnahme dieses Stoffes beim Teigwerden der Mispeln und mancher Birnen, die nur im teigen Zustande roh genießbar sind. Auch beim Kochen herber Birnen, beim Erfrieren der Schlehen und beim Zerkleinern des Obstes zur Mostgewinnung, wie Kelhofer (1) nachwies, ist die konstatierte, oft beträchtliche Ab- 50 nahme des Gerbstoffgehaltes auf diesen Vorgang zurückzuführen. Eine

andere, wahrscheinlich mit dieser Gerbstoffabnahme im Zusammenhang stehende Erscheinung an faulenden Früchten ist die *Braunfärbung* des Inhaltes der Zellen. Da diese auch beim Absterben ohne Pilzangriff, z. B. beim Teigwerden der Birnen, dem Morsch- und Stippigwerden der Aepfel, eintritt, hat man es ebenfalls nur mit einem chemischen Vorgang zu tun, und es sei daher diese Frage hier nur kurz behandelt und im übrigen auf die Arbeit von BEHRENS (1) verwiesen, wo sich auch die Literatur verzeichnet findet. Das Braunwerden zerschnittener lebender Früchte und des ausgepreßten Saftes besitzt eine ziemliche Bedeutung für die Praxis der Dörrobst- und Konservenfabrikation, sowie auch für die Weinbereitung. Daß die Braunfärbung nur in dem Maße stattfindet, als der Sauerstoff in die Frucht, in den Obstsaft oder den zum Braunwerden neigenden Wein eindringt, ist schon längst bekannt und ebenso, daß man diesen Vorgang durch energische Reduktionsmittel (schweflige Säure) verhindern oder rückgängig machen kann. Die von einigen französischen Forschern ausgesprochene Behauptung, daß der die Braunfärbung herbeiführende Oxydationsprozeß durch ein sauerstoffübertragendes Enzym, eine Oxydase, zustande komme, hält BEHRENS nicht als genugsam erwiesen (vgl. 27. Kap. d. I. Bds.). Bezüglich der Braunfärbung der faulen Früchte schließt er sich der Ansicht an, daß sie auf der Oxydation des der Frucht eigenen Gerbstoffes beruht, der sich entweder schon vor der Oxydation mit Eiweiß verbindet und dann durch Sauerstoffaufnahme braun wird, oder sich aber erst nach erfolgter Oxydation mit den unlöslichen Eiweißstoffen der toten Protoplasten zu einem lederartigen braunen Körper verbindet. Der Fäulnispilz hätte, nachdem er die Zellen tötete und damit den Zutritt des Gerbstoffes aus dem Zellsaft zu den Eiweißstoffen im Protoplasma sowie das leichtere Hineindiffundieren des Sauerstoffes ermöglichte, keinen weiteren Einfluß auf den Vorgang. Damit würde wohl das Braunwerden teiger Birnen in Einklang stehen, nicht aber der Umstand, daß Weine aus faulen Trauben häufiger und stärker braun werden als solche aus gesunden. Die ganze Frage kann noch nicht als erledigt betrachtet werden. Wenn Birnen im allgemeinen bei der Fäulnis dunkler braun werden als Aepfel, so wird man dies immerhin ihrem höheren Gehalt an Gerbstoff zuschreiben dürfen, und die hellbraune bis gelbliche Färbung penicilliumfauler Früchte vielleicht dem Umstande, daß dieser genügsame Pilz, der selbst in von anderen schon vollständig ausgebeuteten Früchten gedeiht, imstande ist, Gerbstoff oder Eiweiß oder deren braungefärbte Verbindung aufzuzehren.

Sowohl durch den erleichterten Austritt des Zellsaftes aus den toten Geweben, als auch durch das Absterben der Epidermis nimmt die Wasserverdunstung der Früchte infolge des Faulens beträchtlich zu. Dazu kommt dann in vorgerückteren Stadien, wo der Fäulniserreger zur Sporenbildung aus dem Innern der Frucht hervortritt, eine direkte Wasserausscheidung durch diesen. Faule Früchte zeigen daher in einer einigermaßen trockenen Umgebung rasche Gewichtsabnahme, sie welken bald und zumal bei den moniliafaulen Früchten, bei denen ein vollständiger Zerfall nicht so rasch eintritt, ist das Einschrumpfen zu Mumien eine bekannte Erscheinung. Bei der Edelfäule der Trauben kann diese erhöhte Wasserverdunstung aus den botrytisfaulen Beeren bei günstiger Witterung eine Konzentration des Saftes und damit eine Verbesserung des Weines herbeiführen.

Zu den **direkten Wirkungen der Fäulnispilze** gehört in erster Linie der Tod der Zellen der befallenen Frucht. Wie schon KISSLING (1)

gezeigt hat, bildet *Botrytis cinerea* ein Gift, das lebende Protoplasten tötet (s. Bd. I, S. 510). Seine Annahme, daß dieses Gift enzymatischer Natur sei, wird jedoch von Behrens durch den Nachweis widerlegt, daß es kochfest ist. Allerdings wird das Gift in seiner Wirkung durch ein gleichzeitig ausgeschiedenes Enzym unterstützt, das zellwandlösend wirkt und wohl durch Veränderung der Membranen das Vordringen des Giftes zum Protoplasma fördert. Bei der Ausnahmestellung von *Botrytis* bleibt mit diesem Nachweis noch ganz unentschieden, ob auch die anderen Fäulniserreger der Früchte spezifische Zellgifte bilden oder aber die Fruchtfleischzellen in anderer Weise töten, vielleicht, wie Wehmer (1) andeutet, durch Entzug notwendiger Nahrungsstoffe oder durch mechanischen Reiz oder durch sich anhäufende Stoffwechselprodukte, die unter anderen Umständen nicht giftig sind. Durch exakte Versuche hat nun Behrens (1) nachgewiesen, daß nicht nur *Botrytis*, sondern auch die anderen Fäulniserreger *Rhizopus nigricans*, *Penicillium luteum*, *Monilia fructigena* bei Vegetation auf Früchten und Fruchtsäften Gifte bilden, die auf pflanzliche Zellen tödlich wirken können und weder flüchtiger noch enzymatischer Natur sind. Derselbe Schluß läßt sich aus einem Versuche Miyoshi's (1) auch für *Penicillium glaucum* ziehen. Uebrigens hat Müller-Thurgau (3) schon früher die Verzögerung der Gärung, die durch das Wachstum von *Penicillium* in Traubenmost herbeigeführt wird, auf die Absonderung einer dem Hefenwachstum nachteiligen Substanz zurückgeführt. Man wird also in der Annahme nicht fehlgehen, daß die Fäulniserreger bei ihrer Ausbreitung in den Früchten durch ausgeschiedene Gifte das Zellgewebe vorwegs töten und dabei nicht nur einen etwaigen Widerstand der lebenden Zellen brechen, sondern sich zugleich den Zufluß geeigneter Nahrung sichern.

Von *Botrytis cinerea* wurde schon angeführt, daß sie ein zellwandlösendes Enzym ausscheide. Damit ist aber nicht erwiesen, daß dieser Pilz wirklich echte Cellulose zu lösen vermag. Ob er hierzu imstande ist und wie sich die übrigen Fäulnispilze in dieser Hinsicht verhalten, hat Behrens (1) zu entscheiden gesucht und gefunden, daß *Botrytis* in der Tat echte Cellulose durch ein Enzym in Lösung überführen kann, nicht aber *Penicillium glaucum*, *P. luteum* und *Rhizopus nigricans*. Die Versuche machten es wahrscheinlich, daß diese Eigenschaft auch *Monilia fructigena* abgeht. Wenn das Mycelium von *Penicillium* doch gelegentlich ins Innere der Fruchtzellen eindringt, so wird dies auf rein mechanischem Wege geschehen müssen. Anders als die echte Cellulose können sich selbstverständlich die sogen. Pektinstoffe (s. Bd. III, S. 269) verhalten, die einen allgemeinen Bestandteil der Membranen bilden; mindestens die Mittellamelle der meisten parenchymatischen Gewebe besteht nach Mangin aus einer Pektinkalkverbindung. Nach Behrens assimilieren nun sowohl *Rhizopus nigricans* als die beiden Penicillien und *Botrytis* sowohl Pentosen wie Galactose, die Spaltungsprodukte von Mittellamellenpräparaten, die er sich aus roter Rübe hergestellt hatte (s. Bd. III, S. 281). Pektinsaurer Kalk aus Flachs oder Rüben lieferte ihnen ein zusagendes Nährmaterial. *Monilia fructigena* gelang es nicht, auf Rübenpektin zu ziehen, obwohl als Stickstoffquelle Pepton geboten war, so daß hieraus und aus dem Verhalten des Pilzes in faulenden Früchten wahrscheinlich wird, daß *Monilia*, obwohl ausschließlich intercellular wachsend, nicht vermag, Mittellamellen zu lösen und also rein mechanisch zwischen die Zellen eindringt und dabei die Mittellamelle verdrängt oder spaltet. Bei den übrigen Fäulnispilzen

kann wohl angenommen werden, daß es sich bei der Lösung der Mittellamelle um einen enzymatischen Vorgang handelt und daß dieser ihnen beim Vorwärtsdringen förderlich ist. Von weiteren Enzymen (s. 11. Kap. d. IV. Bds.) ist für *Penicillium glaucum*, *P. luteum*, *Botrytis cinerea* und 5 *Monilia fructigena* eine Invertase nachgewiesen. Stärkelösende Enzyme vermag *P. glaucum* abzuscheiden. Auch sämtliche übrigen genannten Pilze spalten die Stärke hydrolytisch in einen reduzierenden Zucker, bilden also ein zur Gruppe der Glucasen gehörendes Enzym. Sie greifen ferner sowohl lösliche wie unlösliche Eiweißstoffe an, so daß auch die 10 Bildung peptischer oder tryptischer Enzyme nicht bezweifelt werden kann. Ebenso sind glucosidspaltende Enzyme nachgewiesen von den beiden Penicillien, *Botrytis* und *Monilia*, und Behrens (1), dem obige Angaben entnommen sind, hat gezeigt, daß die Produktion eines emulsinartigen Enzyms bei *Monilia* und *Botrytis* nicht an die Gegenwart eines 15 Glycosids gebunden ist. Nach ihm vermögen übrigens die Fäulniserreger nicht allein die Glycoside des Traubenzuckers sondern auch Pentoside zu zerlegen.

Nachdem im vorstehenden die Mittel aufgeführt sind, durch welche die Fäulnispilze sich Eingang in die Frucht verschaffen und sich die 20 Nahrung zugänglich machen, sei die **Nahrungsaufnahme** selbst noch kurz berührt. Wasser und Mineralstoffe werden die Pilze in den Früchten in der Regel genügend vorfinden, dagegen können konzentrierte Zellsäfte durch ihre osmotische Wirkung die Aufnahme des Wassers erschweren; darauf deutet wenigstens das langsame Wachstum von *Botrytis* 25 *cinerea* in den zuckerreichen edelfaulen Beeren bei trockener Witterung hin. Als Kohlenstoffquelle wird in erster Linie der Zucker benutzt und zwar nimmt, wie Müller-Thurgau (2 u. 4) bei Trauben und Kernobst zeigte, der Zuckergehalt in faulenden Früchten stetig ab. Zuerst verschwand bei den Versuchen mit Aepfeln und Birnen der Rohrzucker 30 und zwar bald vollständig, und erst nachher nahm der Glucosegehalt stärker ab, was wohl so aufzufassen ist, daß der Pilz nur die Glucose verzehrt, gleichzeitig aber den Rohrzucker in Glucose umwandelt. Dieser letzte Vorgang verlief stets langsamer als der erstere, da bei keinem Versuche eine Zunahme von Glucose zu beobachten war; doch ist ein 35 anderer Verlauf nicht ausgeschlossen. Bei lang andauernder Einwirkung vermögen die Pilze den Zucker aufzubrauchen. Auch die organischen Säuren (s. Bd. I, S. 419) werden bei der Fäulnis angegriffen, und zwar je nach Art des Pilzes in verschiedener Weise. Bei der durch *Botrytis* verursachten Edelfäule der Trauben verschwindet nach Müller-Thurgau 40 (2) die Säure verhältnismäßig rascher als der Zucker, so daß, wenn dann infolge starker Verdunstung eine Konzentration des Saftes erfolgt, eine Veredlung des Traubenmostes resultieren kann. *Penicillium* verhält sich wesentlich anders, indem es wenigstens anfangs mehr den Zucker angreift und erst, wenn dieser beträchtlich geschwunden ist, sich 45 auch der Säure bemächtigt. Da er bei den durch *Botrytis* zur Fäulnis gebrachten Aepfeln und Birnen eine Säureabnahme wie bei den Trauben nicht beobachtete, stellte Müller-Thurgau (4) es für möglich hin, daß die Apfelsäure von den Pilzen weniger leicht zerstört wird als die Weinsäure. Dieser Anschauung wurde durch Behrens (1) eine experi- 50 mentelle Begründung gegeben. Setzt man bei seinen Versuchsergebnissen mit *Botrytis* den anfänglichen Säuregehalt der betreffenden Nährlösung auf 100, so sank er in 21 Tagen bei Weinsäure auf 14, bei Apfelsäure auf 67 und bei Citronensäure auf 95. Es machte bei diesen Versuchen

fast den Eindruck, als wenn Weinsäure das Gedeihen des Pilzes beeinträchtige und ebenso, wie die Oxalsäure, deshalb von ihm selbstregulatorisch am meisten verbrannt werde (vgl. Bd. I, S. 317). *Penicillium glaucum* und *P. luteum* verhielten sich auch hier ganz anders; von den drei Säuren nahm nur die Apfelsäure etwas weniger ab, dann, 5 und bei den anderen Säuren von Anfang an, fand sogar eine Zunahme statt, die bei *P. luteum* recht beträchtlich war. Nach WEHMER (3) bildet dieser Pilz Citronensäure (s. 11. Kap. d. IV. Bds). Auch *P. glaucum* ist Säurebildner, und der schließliche Säuregehalt bei beiden ist wohl die Resultierende aus zwei einander entgegengesetzten Prozessen, aus der 10 Neubildung und der Veratmung von Säure. Möglicherweise verhält es sich bei *Botrytis* ähnlich.

Daß bei der Fäulnis der Gerbstoff größtenteils oder ganz verschwindet, wurde bereits erwähnt und dies im wesentlichen auf seine Verbindung mit Eiweißstoffen zurückgeführt. Damit ist aber nicht be- 15 wiesen, daß nicht ein Teil des Gerbstoffes auf andere Weise verschwindet, oxydiert oder unter Umständen von Pilzen zerstört wird. Nach WORTMANN (3) werden zerstampfte Rotweintrauben, wenn *Botrytis* darin wuchert, stark bitter, und er gelangt zu der Ansicht, daß die bitter schmeckende Substanz durch die Einwirkung des Pilzes aus dem 20 Gerbstoff entstehe. Auch der den Gerbstoffen nahestehende Farbstoff der blauen Trauben verschwindet bei der Fäulnis der Beeren rasch und vollständig. Hier ist wohl nicht die Entstehung einer Verbindung mit Eiweiß die Ursache; denn beim Zerquetschen oder Erhitzen gesunder Beeren verschwindet der rote Farbstoff nicht. Allerdings ist damit die 25 eigentliche Ursache der so prompten Zerstörung noch nicht festgestellt. Auch das Verschwinden der Farbstoffe der übrigen Früchte bei der Fäulnis ist noch unaufgeklärt und ebenso, was hier gleich angeschlossen werden kann, dasjenige des ursprünglichen Fruchtaromas.

Etwas mehr ist über den Verbrauch von Stickstoffverbin- 30 dungen bekannt. Bei der Edelfäule der Trauben nimmt nach MÜLLER-THURGAU (2) die Menge der löslichen, d. h. beim Zerquetschen und Auswaschen in Lösung verbleibenden Stickstoffverbindungen stetig ab, während die Menge der nicht im Saft gelösten Stickstoffsubstanz entsprechend zunimmt, wohl weil die vom Pilze assimilierte Stickstoffmenge 35 mit in Betracht kommt, so daß also Most aus faulen Beeren beträchtlich ärmer an Stickstoff sein kann als solcher von gesunden. Da der in den Beeren wuchernde Pilz in erster Linie die leicht assimilierbaren Stickstoffverbindungen entnehmen wird, so werden in Most aus faulen Beeren die Stickstoffverbindungen nicht nur an Menge geringer, sondern auch 40 zur Pilzernährung weniger geeignet sein, und die bei Weinen aus edelfaulen Beeren zu beobachtende Gärungshemmung wäre demnach nicht den von Fäulniserregern erzeugten Pilzgiften allein, sondern auch zum Teil diesem Umstande zuzuschreiben. Doch wird diese für die Weinbereitung wichtige Frage im Fünften Abschnitt dieses Bandes nähere 45 Erörterung finden. Auch bei der Fäulnis des Kernobstes findet ein weitgehender Verbrauch der löslichen Stickstoffverbindungen statt, so daß, wie MÜLLER-THURGAU (4) mitteilt, der aus den faulen Früchten gewonnene klare Saft fast stickstoffrei ist. Die Dauer, während welcher der Pilz einwirken konnte, wird hierbei ohne Zweifel von wesentlichem Einfluß 50 sein. Abgesehen von der meist leichteren Aufnahme der im Fruchtsaft gelösten Stickstoffverbindungen ist auch aus einem anderen Grunde anzunehmen, daß diese in erster Linie zur Ernährung der Fäulnispilze

dienen werden. Das fast stets nur in den Interzellularräumen lebende Mycel lebt zunächst von dem aus den Zellen herausdringenden Saft und erst, wenn z. B. an Stickstoff Mangel eintritt, wird voraussichtlich durch Enzymwirkung ein Abbau der im Inneren der Zellen verbliebenen unlöslichen Eiweißstoffe stattfinden. Daß jedoch auf diesem Wege eine vollkommene Entleerung nicht zustande kommt, kann vielleicht aus dem Umstande geschlossen werden, daß in schon lange von *Mucor* oder *Monilia* durchfaulten Früchten *Penicillium* noch gut zu gedeihen vermag, dann aber Hyphen ins Innere der Zellen sendet. Bezüglich des Abbaues der Eiweißstoffe durch Schimmelpilze sei noch auf S. 311 des I. Bandes dieses Handbuches verwiesen.

Der Einfluß der Fäulnispilze auf die Beschaffenheit der Früchte beruht nun nicht allein auf den infolge des Absterbens der Zellen eintretenden Veränderungen und der Stoffaufnahme der Pilze, sondern zu einem wesentlichen Teil auch auf der **Ausscheidung von Stoffwechselprodukten** durch die Fäulniserreger. Beim natürlichen Absterben einer Frucht, z. B. beim Teigwerden einer Birne, schwindet allmählich die Atmung, die Kohlensäureabgabe nimmt stetig ab. Anders bei faulen Früchten, wo die vermehrte Kohlensäureproduktion wohl ohne weiteres der Atmung der Fäulnispilze zugeschrieben werden darf. Anfangs wird diese normal verlaufen; ist jedoch das Fruchtfleisch ganz durchfault und der Gasaustausch infolge des Saftaustrittes in die Intercellularräume von allen Seiten erschwert, so dürfte wenigstens in den inneren Partien intramolekulare Atmung (s. Bd. I, S. 324) an Stelle der normalen treten. Dadurch würde auch das vom Verfasser beobachtete Vorkommen geringer Mengen Alkohol selbst in penicilliumfaulen Aepfeln erklärt sein. Der 1.5 bzw. 2.5 Proz. des Fruchtsaftes betragende Alkoholgehalt bei Birnen, die von *Rhizopus nigricans* oder von *Mucor piriformis* durchwuchert waren, läßt aber sogar auf eine ziemlich ausgiebige Gärung schließen, die übrigens bei diesen Pilzen unter den vorliegenden Verhältnissen nicht überraschen kann (vgl. 22. Kap. d. IV. Bds.). Solche Früchte schmecken deutlich nach gärendem Most, und die gebildete Kohlensäure sammelt sich in dem gelockerten Fruchtfleisch zu größeren und kleineren Blasen an. Schon Davaine (1) erwähnt, daß in mucorfaulen Früchten eine reichliche Kohlensäureentwicklung stattfinde, die den Früchten eine Art Turgeszenz, ein emphysematisches Aussehen verleihe, was bei *Penicillium* nicht der Fall sei. Naturgemäß wird man dann in solchen Früchten auch die anderen Produkte der „Mucorgärung" finden. Als weitere Stoffwechselprodukte der Fäulnispilze innerhalb von Früchten sind bisher noch flüchtige und nicht flüchtige Säuren bekannt geworden, unter letzteren Citronensäure, die schon erwähnten Pilzgifte und verschiedene Enzyme und schließlich auch verschiedene Geruchs- und Geschmacksstoffe, die durch die Sinnesorgane leicht wahrgenommen werden können, jedoch chemisch noch nicht näher untersucht wurden. Die verschiedenen Fäulnispilze verhalten sich übrigens in letzterer Beziehung sehr verschieden, was wohl am schärfsten bei der Weinproduktion zutage tritt, wo die botrytis- oder edelfaulen Rieslingtrauben am Rheine die edelsten Weine liefern, während die gleichen Trauben, von *Penicillium* durchwuchert, absolut unbrauchbar sind, weil sie dem Weine einen widerwärtigen Geruch und Geschmack verleihen. Bei der Bereitung von Obstwein läßt sich nach Müller-Thurgau (4) Aehnliches beobachten. Auch macht sich schon bei direkter Kostprobe gleicher, aber von verschiedenen Fäulniserregern befallener Früchte der

hervorgehobene Unterschied scharf bemerkbar. Ein spezielles Beispiel von der Erzeugung eines besonderen Geschmackstoffes bietet die auf S. 44 erwähnte Bitterfäule der Aepfel, verursacht durch *Gloeosporium fructigenum*, wobei bemerkenswert ist, daß in den vom gleichen Pilz befallenen Kirschen und Traubenbeeren kein Bitterstoff erzeugt wird, 5 wohl weil dort die dazu erforderliche Grundsubstanz fehlt. Auch *Fusarium* und *Cephalothecium* können in Aepfeln und letzteres auch in Pflaumen einen Bitterstoff erzeugen, ob den gleichen, ist natürlich fraglich. Die von einem Fäulniserreger in einer Frucht erzeugten Bitterstoffe, Pilzgifte und andere Stoffwechselprodukte mögen gewiß geeignet 10 sein, ihm als Kampfmittel gegen andere Pilze, Konkurrenten um die gleiche Nahrungsquelle, zu dienen, ob aber darin die eigentliche Ursache ihres Entstehens liegt, müßte trotz ihrer Zweckmäßigkeit doch erst bewiesen werden. Ein ausgesprochener Antagonismus zwischen verschiedenen Fäulniserregern im Obste ist vorhanden, und ebenso ist un- 15 verkennbar, daß die für *Botrytis* und *Penicillium* nachgewiesenen Gifte der Hefe hinderlich sein werden, sich in den von jenen befallenen Früchten anzusiedeln. Noch bleibt zum Schlusse anzuführen, daß die Fäulnis der Früchte nicht nur ihrer Verwertung im menschlichen Haushalte häufig nachteilig wird, sondern auch in der freien Natur der natür- 20 lichen Bestimmung des Fruchtfleisches entgegenwirkt; denn faule Früchte werden von den größeren, sonst die Verbreitung der Samen besorgenden Tieren nicht mehr gefressen, und zudem gehen bei längerer Dauer der Fäulnis auch die Samen zugrunde.

Literatur

zum Kapitel Fäulniserscheinungen an Obstfrüchten.

*__Aderhold,__ R., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1899, Bd. 5, S. 522. — (2) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1904, Bd. 22, S. 262. *__Albert,__ P., (1) Bot. Ztg., 2. Abt., 1895, Bd. 53, S. 298. *__Alwood,__ (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 129. *__Behrens,__ J., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 514. *__Brefeld,__ O., (1) Bot. Ztg., 1876, Bd. 34, S. 281. *__Burill,__ P. J., und __Blair,__ J. C., (1) Hollrungs Jahresber. a. d. Gebiete d. Pflanzenkrankheiten, 1902, Bd. 5, S. 193. *__Craig,__ John, und __van Hook,__ J. M., (1) Bull. 207 Cornell Univ. Agric. Exp. Stat., 1902, S. 161. *__Davaine,__ C., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1866, Bd. 63, S. 276 u. 344. *__Bary,__ A. __de,__ (1) Vergleichende Morphologie u. Biologie d. Pilze etc., Leipzig 1884, S. 408. *__Eustace,__ H. J., (1) New York Agricult. Exp. Station, Geneva, 1902, Bulletin Nr. 227, S. 367. — (2) Ebenda, 1903, Bulletin Nr. 235, S. 123. *__Fischer,__ A., (1) Phycomyceten in Rabenhorst, Kryptogamenflora, 2. Aufl., 1892, Bd. 1, Abt. IV, S. 191. *__Frank,__ A., (1) Die Krankheiten der Pflanzen, 2. Aufl., Breslau 1896, Bd. 2, S. 324. *__Fries,__ (1) Systema mycolog., 1829, III., S. 504. *__Jacky,__ E., (1) I. Beitrag z. Pilzflora Proskaus. Separatabzug aus Jahresbericht d. schles. Ges. f. vaterl. Kultur. Breslau 1900, S. 29. *__Iwanoff,__ K. S., (1) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1904, Bd. 14, S. 36. *__Kelhofer,__ W., (1) 5. Jahresber. d. Versuchsanstalt Wädenswil, 1894/95, S. 101. *__Kissling,__ (1) Cit. n. Behrens (1). *__Malkoff,__ K., (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1902, Bd. 3, S. 148. *__Miyoshi,__ M., (1) Bot. Ztg., 1. Abt., 1894, Bd. 52, S. 23. *__Müller-Thurgau,__ H., (1) Ber. ü. d. 7. Deutsch. Weinbau-Kongreß, 1883, S. 29. — (2) Landw. Jahrbücher 1888, Bd. 17, S. 83. — (3) Ber. ü. d. 11. Deutsch. Weinbau-Kongreß 1889, S. 87. — (4) 3. Jahresber. d. Versuchsanstalt in Wädenswil, 1892/93, S. 61. — (5) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1898, Bd. 12, S. 187. *__Norton,__ (1) Transactions Acad. Science St. Louis, 1902; ref. in Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1903, Bd. 13, S. 55. *__Osterwalder,__ A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 11, S. 225. — (2) Ebenda, 1904, Bd. 13, S. 207. *__Reinitzer,__ F., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 10, S. 133. *__Schrenk,__ Herm. __von,__ und __Spaulding,__ Perley, (1) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1903, Bd. 13, S. 238. *__Schröter,__ J., (1) Pilze von Schlesien (Krypt.-Flora von Schlesien, Bd. 3, 2. Hälfte), 1893, S. 67. *__Sorauer,__ P., (1) Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 2. Aufl., 2. Teil, 1886. — (2) Schutz der Obstbäume gegen Krankheiten, Stuttgart 1900, S. 80. — (3) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1899, Bd. 9, S. 225; 1900, Bd. 10, S. 148 u. 274. *__Southworth,__ (1) Journal Myc., VI, S. 164 (nach Allescher in Fungi imperfecti, Kryptogamenflora von Rabenhorst, VII. Abt.,

S. 488). ***Thümen, F., von,** (1) Die Pilze und Pocken auf Wein und Obst. Berlin 1885, 3. Teil, Fungi pomicoli, S. 35. ***Tubeuf, K. von,** (1) Pflanzenkrankheiten, Berlin 1895, S. 502. ***Viala, P.,** (1) Les maladies de la vigne, 3. éd., Montpellier 1893. ***Wehmer, C.,** (1) Beiträge z. Kenntnis einheim. Pilze, II. Teil, Jena 1895. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 107. — (3) Chem.-Ztg., 1897, S. 1022. — (4) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1898, Bd. 16, S. 298. ***Woronin, M.,** (1) Mém. de l'Acad. d. sciences de St. Pétersbourg, 1900, Bd. 10. ***Wortmann, J.,** (1) Landw. Jahrbücher, 1892, Bd. 21, S. 663. — (2) Ber. d. Lehranstalt zu Geisenheim, 1894—95, S. 64. — (3) Landw. Jahrbücher, 1900, Bd. 29, S. 717. — (4) Mitteil. über Weinbau und Kellerwirtschaft, 1901, Heft 11 u. 12. ***Zschokke, A.,** (1) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1897, S. 154; vorläuf. Mitteil. in 5. Bericht d. schweiz. Versuchsanstalt in Wädenswil, 1896, S. 56.

(*Manuskript-Einlauf:
24. April 1905.*)

4. Kapitel.

Schutz des Obstes gegen Fäulnis.

§ 17. Schutz des frischen Obstes bei der Ernte, dem Lagern und dem Versand.

Eine möglichst lange Gesunderhaltung der frischen Früchte bietet erhebliche Vorteile, indem einerseits deren Genuß während eines größeren Teiles des Jahres möglich ist und andrerseits der Absatz gleichmäßiger und größer wird. Vor allem kommt es dabei darauf an, die Früchte gegen die Angriffe der Fäulnispilze zu schützen; daneben sucht man aber auch die Abnahme der Inhaltsstoffe sowie die damit zusammenhängenden natürlichen Todesarten, das Teig- und das Morschwerden, möglichst hinauszuschieben und das Welkwerden zu verhindern. Wir haben uns hier nur mit der ersten Erscheinung zu beschäftigen; doch stehen ja die anderen damit in Zusammenhang. Die Bestrebungen, die Haltbarkeit des Obstes zu verlängern, reichen ins Altertum zurück. Schon Plinius schreibt vor, daß die Obsträume an einem kalten und trockenen Orte angelegt werden sollen, so, daß die Fenster gegen Norden stehen und an heiteren Tagen gelüftet werden können. Die Südwinde müssen stets abgehalten werden, aber auch starker Nordwind ist schädlich und wird Ursache, daß das Obst zusammenschrumpft. Der gemeine Mann legte sein Obst auf Stroh oder Hürden, jedoch weit voneinander entfernt, oder er tat es in Gefäße, die er luftdicht verschloß. Es sind dies Maßregeln, die auch heute noch angewendet oder vorgeschlagen werden.

Beruhen auch unsere jetzigen Methoden der Frischerhaltung des Obstes nicht mehr einzig auf empirischer Basis, so entbehren sie doch noch sehr der wissenschaftlichen Durcharbeitung. Im Grunde genommen, hat die Sorge für die Erhaltung der Früchte nicht erst mit der Ernte sondern schon während des Reifens **am Baume** oder Strauche zu beginnen. Damit ist nicht die Bekämpfung der verschiedenen Krankheiten und Feinde als solcher gemeint, über die in den bekannten Werken von Sorauer (2), Frank (1), Tubeuf (1), Taschenberg (1), Viala (1) u. a. das Nötige zu finden ist, sondern es soll hier nur kurz auf einige Vorkommnisse hingewiesen werden, bei denen pflanzliche und tierische

Parasiten jetzt schon den Grund zu späterer Fäulnis legen. Sogen. wurmstichiges Obst, selbst wenn es nicht vorzeitig abfällt, sondern am Baume ausreift, ist schon wegen der Anwesenheit des Tieres oder seiner Exkremente minderwertig, sodann weil das Fleisch nicht die nämliche Qualität wie bei gesunden Früchten erreicht, namentlich aber aus dem Grunde, weil die Früchte nicht haltbar sind. Viele werden schon am Baume von *Monilia fructigena* ergriffen oder gehen, von diesem Pilze infiziert, dann im Keller zugrunde. Oft auch tritt die Insektenlarve erst auf dem Obstlager aus der Frucht und diese wird dann durch die entstandene Oeffnung leicht durch *Penicillium*, *Botrytis* oder einen anderen Fäulniserreger ergriffen und kann, wenn nicht rechtzeitig beachtet und entfernt, Infektion der umgebenden Früchte veranlassen. Es gehört daher die Bekämpfung des Apfelwicklers und einiger Rüsselkäfer (*Rynchites*), die die Kernobstfrüchte wurmig machen, zu den Mitteln, diese gegen spätere Fäulnis zu schützen. In gleicher Weise kann durch Bekämpfung des Pflaumenwicklers und der Kirschenfliege ein frühes Faulen mancher Frucht, ja ganzer Vorräte verhindert werden. Mindestens ebenso gefährlich für die Haltbarkeit des Obstes sind die Schorfpilze: *Fusicladium dendriticum* auf Aepfeln und *Fusicladium pirinum* auf Birnen, indem sie die Früchte am Baume befallen, allerdings nicht tief eindringen, aber doch die Epidermis töten und die schützende Cuticularschicht absprengen. Zwar bildet sich an deren Stelle bald eine Korkschicht, allein diese bietet nicht einen ebenso guten Schutz. Beim weiteren Wachstum der Frucht und oft sogar erst während des Lagerns entstehen in dieser Korkschicht größere Sprünge oder feinere Risse, durch die nun, wie auf S. 50 bereits erwähnt wurde, die Fäulnispilze eindringen können. Dem Techniker und Obsthändler ist die geringe Haltbarkeit schorfiger Lageräpfel bekannt; gewisse Fäulnispilze scheinen geradezu auf Schorfwunden als Eingangsstellen angewiesen zu sein, wie *Cephalothecium roseum* und *Hypochnus* nach ADERHOLD und EUSTACE (s. S. 45). Die Bekämpfung der Schorfkrankheit durch Bordeauxbrühe (s. Bd. IV, S. 127) oder ähnliche Mittel ist daher eine Bedingung der Obsterhaltung. Auf alle Fälle darf wurmiges und schorfiges Obst nicht mit dem gesunden zusammen gelagert oder gar verpackt und verschickt werden; denn schon vor der Genußreife, sobald die innere Beschaffenheit der Früchte es ermöglicht, werden sie faul und gefährden dann auch die übrigen.

Ein Schutz gegen die Fäulnis kann **bei der Ernte** oft schon in der Weise ausgeübt werden, daß man damit nicht wartet, bis die Früchte zu reif sind. Denn dann werden sie infolge ihres weichen Zustandes leichter verletzt; sie fallen baldiger Fäulnis anheim und, falls der austretende Saft noch andere Früchte benetzte, ist auch für diese, abgesehen von der direkten Uebertragung durch die faulen, die Gefahr größer. Pfirsiche, Aprikosen und Zwetschen, zumal wenn sie noch einige Zeit aufbewahrt oder transportiert werden sollen, muß man daher vor völliger Reife ernten; dasselbe ist unter solchen Umständen auch bei Kirschen, Tafeltrauben und Frühbirnen üblich. Von der Art, wie beim Pflücken der Früchte vorgegangen wird, hängt deren Haltbarkeit in hohem Grade ab. Dünnhäutige Früchte wie Erdbeeren sollten, wenn für die Tafel bestimmt, beim Gewinnen gar nicht berührt, sondern mit der Pflückschere geerntet, die Kirschen nur an den Stielen angefaßt werden. Alle Verletzungen eröffnen nicht nur den hier rasch wachsenden Fäulnispilzen Eingangspforten, sondern es werden auch die übrigen mit Saft be-

schmutzten Früchte bald von Hyphen übersponnen, die dann schon Gelegenheiten zum Eindringen finden. Natürlich ist aus gleichen Gründen auch schonend mit den ziemlich empfindlichen Pfirsichen, Zwetschen und Pflaumen umzugehen. Bei letzteren beiden die als „Duft“ bezeichnete feine Wachsschicht abzuwischen, wie gelegentlich getan wird, nimmt ihnen nicht allein den Reiz des Unberührten, sondern beraubt sie zugleich eines Schutzmittels gegen die Fäulniserreger. Auch die für den Winter im Keller oder sonstigen Räumen aufbewahrten Aepfel und Birnen verlangen bei der Ernte große Sorgfalt; ist auch ihre Haut derber als bei den vorgenannten Früchten, so wächst andrerseits die Gefahr wegen der längeren Zeit der Aufbewahrung. Es genügt übrigens auch bei diesen Früchten ein verhältnismäßig geringer Stoß, um kleine Risse in der Epidermis zu erzeugen, die, wenn schon dem bloßen Auge nicht sichtbar, doch für das Eindringen feiner Pilzhyphen genügen. Es ist hier nicht der Ort, alle in dieser Beziehung vorgeschlagenen technischen Maßregeln zu erörtern; es sei auf die zahlreichen einschlägigen Fachwerke verwiesen, wie solche von Lucas (1), Hermann (1), Semler (1), Goethe (1), Kühn (1), Bach (1), Bissmann und Gaerdt (1) u. a. verfaßt wurden. Selbstverständlich sind nur von Hand gepflückte Früchte zur Lagerung geeignet; denn beim Herunterschütteln werden wohl die meisten fallenden Früchte derart verletzt, daß die Fäulniserreger Eingang finden. Sollten nur innere Zellen, nicht aber die Cuticula verletzt worden sein, so wären gefallene Früchte nach Beobachtungen Sorauers (1) doch haltbar; allein mit bloßem Auge lassen sich eben die kleinsten Wunden nicht erkennen. Selbst beim unsanften Einlegen in die Pflückgefäße oder beim Ausschütten aus diesen in die Transportgefäße können in der spröden Cuticula solche feine Sprünge entstehen. Durch Verwendung inwendig gepolsterter Pflück- und Transportkörbe, durch recht sorgfältiges Arbeiten läßt sich, wie hieraus ersichtlich, viel zur Haltbarkeit der Früchte beitragen.

Unter den Maßregeln, durch die das Obst **auf dem Lager** geschützt werden kann, wäre in erster Linie die *Verminderung der Pilzsporen* zu nennen. Finden sich auch einzelne Sporen von Fäulniserregern schon auf den eingebrachten Früchten, so ist doch ihre Zahl, wenigstens bei reinlicher Pflückarbeit, verhältnismäßig gering, und daher eine möglichste Vernichtung solcher im Lagerraum selbst, vor dem Einbringen des Obstes von Vorteil. Vorgeschlagen wird: gründliche Reinigung der Keller- oder sonstigen Lagerräume, der Stellagen etc., Weißen der Wände unter Anwendung von Alaun, weitere Desinfektion durch Verbrennen von Schwefel oder Entwickeln von Formalindämpfen. Die Verwendung von Heu, Stroh u. dgl. als Unterlage für das Obst ist zumal in feuchten Räumen bedenklich, da diese Substanzen als Nährsubstrat für Fäulnispilze dienen können und überdies den Früchten leicht einen moderigen Geruch verleihen. Besonders ausgiebig erfolgt jedoch die Sporenausstreuung von faulen Früchten aus, und es werden daher nicht allein, wie schon erwähnt, die von vornherein fäulnisempfindlichen verletzten, gefallenen, wurmstichigen und schorfigen Früchte vom eigentlichen Lagerobste ferngehalten und am besten sofort verarbeitet, sondern es müssen auch nachher die etwa angefaulten Früchte frühzeitig aus den Vorräten ausgelesen werden, was ja auch aus anderen Gründen geboten ist. Ein eigenartiges Mittel zur Einschränkung der Sporenzahl und zu gleichzeitiger Ermittlung der zur Fäulnis disponierten Früchte besteht in dem in Tirol gebräuchlichen sogen. *Abbrennen* oder *Schwitzenlassen* des Obstes. Nach Th. Zschokke (2) wird das

frisch geerntete Obst in dunkeln, luftigen, mäßig warmen Räumen 1 bis 1,5 m hoch aufgeschichtet und je nach der Sorte 2—3 Wochen lang ruhig liegen gelassen. Die sich erwärmenden Früchte beschlagen sich mit Wasser, die vorhandenen Pilzsporen keimen unter diesen günstigen Umständen, etwa verletzte Früchte werden infiziert und sind dann leicht zu erkennen; die weitaus größere Zahl der Keimschläuche stirbt ab, und nun kann das Obst verpackt werden, von Pilzsporen ziemlich befreit und vor allem ohne die zur Fäulnis geneigten Exemplare. Begreiflicherweise finden beim Schwitzenlassen infolge der Erwärmung lebhafte, durch Kulisch (1) und Otto (1) näher untersuchte Umsetzungen in den Früchten statt, die den Termin der vollkommenen Reife, der Tafelreife, näher rücken und damit die Dauer der Lagerungsmöglichkeit etwas einschränken. Es ist daher das eigentliche Abbrennen nicht für alle Fälle anzuraten. Ein kürzeres, oft nur wenige Tage dauerndes Schwitzenlassen der Aepfel vor dem Einbringen in den Lagerraum wird gelegentlich mit der Begründung empfohlen, die anfänglich starke Wasserabgabe könnte eine länger dauernde Benetzung der Früchte im Keller veranlassen und die Fäulnis begünstigen. Doch läßt sich dieser Uebelstand wohl zweckmäßiger durch geeignete Lüftung des Lagerraumes verhindern.

Den weiteren Schutz vor Fäulnis muß nun namentlich die Beschaffenheit des Obstraumes sichern. In Früchten, die dem Lichte ausgesetzt sind, gehen, wie Sorauer (1) und Th. Zschokke (1) angeben, die Vorgänge des Nachreifens rascher vor sich: jene erreichen schneller den Zustand vollkommener Reife und sind dementsprechend auch früher zur Fäulnis disponiert. Im gleichen Sinne ungünstig wirkt auch Trockenheit, die nicht nur die Wasserverdunstung sondern auch die chemischen Umsetzungen beschleunigt, während ein Feuchtigkeitsgehalt der Luft von über 90 Proz. zu sehr das Pilzwachstum begünstigt. In noch verstärktem Grade wird das Altern der Früchte und die Abnahme ihrer Widerstandsfähigkeit durch höhere Wärmegrade beschleunigt. Ein Obstlagerraum soll deshalb kühl sein, und zwar gleichmäßig kühl, damit nicht das von etwas erwärmter Luft aufgenommene Wasser sich bei Abkühlung auf den Früchten niederschlagen und so die Entwicklung von Fäulniserregern begünstigen kann. Mäßig feucht gehaltene und vor Zugluft geschützte, dunkle und gleichmäßig kühle Räume, in unseren Wohnhäusern also wohl die Keller, entsprechen am besten diesen Anforderungen. Was man nun bei der üblichen Kellerlagerung weiter zu beobachten hat, und ob ferner das Obst besser auf dem Boden oder auf Gestellen oder Hürden dieser oder jener Konstruktion, ein- oder mehrschichtig etc. zu legen ist, hat zwar ebenfalls Bedeutung für die Infektionsgefahr, kann aber hier nicht weiter erörtert werden. Eingehenderes über diese Dinge, wenn auch meist ohne wissenschaftliche Begründung, enthalten die oben erwähnten, für praktische Kreise bestimmten Werke.

In Amerika hat man zuerst besondere Obsthäuser zur längeren Lagerung von Obst gebaut, die bei richtiger Konstruktion den gestellten Anforderungen besser entsprechen als gewöhnliche Hauskeller, und in denen man die Temperatur auf 2—5° zu halten sucht, um das Nachreifen zu verlangsamen und dadurch die Früchte länger widerstandsfähig zu erhalten. Um aber geradezu die Pilzentwicklung zu unterdrücken, bewahrt man in amerikanischen Zentren das Obst in neuerer Zeit in großen Kühlhäusern bei — 0,2 bis 0° auf. Bei solch niederer Temperatur findet auch kein Nachreifen statt, und es werden daher die

Früchte in nahezu ausgereiftem Zustande eingebracht. Schon eine Temperatur von 2° C reicht nicht mehr aus, die gewöhnlichen Fäulniserreger ganz hintanzuhalten, wenn nicht gleichzeitig starke Feuchtigkeit vermieden wird. Nach Eustace genügen aber schon 7° C, um in einem gut ventilierten Raum die Cephalotheciumfäule der Aepfel zu sistieren. Ueber Versuche und Erfahrungen in amerikanischen Kühlhäusern berichten Zimmermann (1) und eine Reihe von Referaten in den letzten Jahrgängen der „Konserven-Zeitung“.

Es wurde auch schon versucht, die Haltbarkeit wertvoller Aepfel dadurch zu erhöhen, daß man sie in Papier eingehüllt auf das Lager brachte. Abgesehen von den Kosten des Verfahrens, wird es auch aus anderen Gründen zur Lagerung selbst kaum Anwendung im großen finden, am ehesten noch in trockenen Lokalen, um die Wasserabgabe zu hemmen. Aehnlich verhält es sich mit dem gelegentlich empfohlenen Aufbewahren der Früchte in Fässern und Kisten mit Zwischenlagerung von Holzwolle, Torfmull, Holzkohle, Korkmehl, Sägespänen, Infusorienerde, Sand, Gips, gebranntem Kalk etc. Sicher findet auf diese Weise neben der Erschwerung des Gasaustausches eine Ausgleichung von Temperaturdifferenzen und eine Herabminderung der Transpiration statt, auch wirken verschiedene der genannten Substanzen zweifellos fäulnishemmend; allein diesen Vorteilen stehen auch Nachteile gegenüber, wie vermehrte Kosten, Unmöglichkeit einer Kontrollierung der Früchte, etwaige ungünstige direkte Einflüsse der einhüllenden Substanz u. dgl., so daß diese Verfahren bisher wohl da und dort mit gutem Erfolg angewendet wurden, jedoch keinen allgemeinen Eingang in die große Praxis gefunden haben.

Wie bei der Fusariumfäule (s. S. 46) als einem besonders auffälligen Beispiele gezeigt wurde, können bei einigen Apfelsorten Pilze durch die offene Griffelröhre in das Kernhaus gelangen, so daß die Früchte von innen heraus faulen. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, wurde schon vorgeschlagen, die Kelchöffnung mit einem Tröpfchen heißen Wachses zu füllen oder doch die Früchte beim Lagern mit dem Kelche nach unten zu legen, damit das Hineinfallen von Sporen verhindert werde. Anstatt solche unzweckmäßige und, wie z. B. Versuche von Schellenberg (1) zeigten, doch erfolglose Verfahren anzuwenden, wird man eher Apfelsorten mit derartigen organischen Fehlern vom Anbau ausschließen.

Bei der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung der Frage darf es nicht überraschen, daß die verschiedenartigsten *Mittel, die Obstfäulnis zu hemmen*, schon zur versuchsweisen Anwendung kamen. So wurde schon vorgeschlagen, das Obst in gut schließenden Behältern, Schränken u. dgl. zu lagern und darin offene Schalen mit Alkohol aufzustellen. Der Einfluß der so entstehenden und die Früchte umgebenden Alkoholdämpfe vermag wohl einigen Schutz auszuüben, die Fäulnis aber doch nicht ganz zu unterdrücken. Anderen Schwierigkeiten begegnet wiederum die Ausführung des Gedankens die Früchte durch vollständigen Luftabschluß zu erhalten. Durch die Atmung der in luftdicht abgeschlossene Behälter eingefüllten Früchte wird der Sauerstoff der mit eingeschlossenen Luft bald verbraucht und durch Kohlensäure ersetzt und damit das Wachstum der gefährlichsten Fäulniserreger ausgeschlossen. Es ist aber längst bekannt, daß unter solchen Umständen die Zellen der Früchte zwar noch einige Zeit ihr Leben fristen, dann aber absterben, und wenn nun auch eine eigentliche Fäulnis nicht stattfindet, so werden die Früchte infolge der mit der intramolekularen At-

mung verbundenen Alkoholbildung und der mit dem Tode verknüpften Veränderungen fast ungenießbar. Diese Vorgänge, auf die BREFELD (1) neuerdings wieder hinweist, dürften samt den Mißerfolgen auch eintreten, wenn man, wie hie und da empfohlen wird, jede einzelne Frucht, um sie gegen die Angriffe der Fäulniserreger zu schützen, kurze Zeit in geschmolzenes, jedoch nur auf ca. 65° erwärmtes Wachs oder Paraffin eintaucht oder, wie KÜHN (1) anführt, mit Wasserglas oder Paraffinlösung bestreicht. Ob man, wie dieser Autor meint, bei der Verpackung in Fässern mit zwischengelagertem Torfmull, Korkmehl etc. von einer Konservierung des Obstes durch Luftabschluß sprechen kann, scheint zweifelhaft. Jedenfalls ersticken, wie die Erfahrung zeigt, die Früchte hierbei nicht, und wenn diese den erforderlichen Atmungssauerstoff erhalten, wird er den Fäulniserregern auch nicht fehlen. Immerhin ist nicht ausgeschlossen, daß diese bei der erwähnten Verpackung infolge des verlangsamten Gasaustausches in ihrer Entwicklung etwas gehemmt werden.

Bei der Aufbewahrung der Trauben kommen im allgemeinen ähnliche Grundsätze und Methoden zur Geltung wie beim Kernobst. Etwas abweichend ist das in der Umgegend von Paris angewandte Verfahren, wobei die Trauben in besonderen Räumen mit trockener, öfters zu erneuernder Luft aufbewahrt werden. Trockene Luft und Trockenheit der Beerenoberfläche sind der Infektion selbstverständlich hinderlich. Damit aber unter solchen Umständen die Beeren nicht welken, schneidet man die Trauben mitsamt einem Stück des Tragschosses ab und stellt dessen unteres Ende in ein Glasgefäß mit Wasser, so daß die Traube das verdunstete Wasser wieder ersetzen kann. Tausende solcher Gefäße hängen an den Wänden und Gestellen solcher Traubenkammern. Näheres über die Aufbewahrung der Trauben findet sich z. B. in GOETHE (1), BISSMANN und GAERDT (1).

Die beim Obstversand gegen die Fäulnis zu ergreifenden Maßregeln bestehen vor allem darin, jegliche Verletzung der Früchte durch Stoß oder gegenseitigen Druck zu vermeiden. Je zarthäutiger sie sind, desto weitgehendere Vorsichtsmaßregeln müssen naturgemäß angewendet werden; bezüglich der einzelnen Maßregeln sei auf die erwähnten Werke über Obstverwertung verwiesen.

§ 18. Haltbarmachung von Obst und Obstsäften durch Erwärmen.

Eine längere Aufbewahrung der lebenden Früchte ist nur bei wenigen Obstarten möglich und auch da nach einiger Zeit mit einer steten Abnahme der Schmackhaftigkeit und des Nährwertes sowie mit mancherlei Verlusten verknüpft. Man stellt daher auf mannigfaltige Weise Dauerprodukte her, die mit dem Vorzug einer großen Haltbarkeit noch den der leichten Transportfähigkeit verbinden. Alle die verschiedenen Methoden der Konservierung von Früchten und Fruchtsäften lassen sich auf drei Grundsätze zurückführen. Man kann entweder die ganzen oder geteilten Früchte oder auch nur den Saft direkt durch Erwärmen sterilisieren oder aber durch Wasserentzug oder Zuckerzusatz eine solche Saftkonzentration herbeiführen, daß Pilze nicht mehr zu wachsen vermögen, oder endlich das Verderben durch Pilzgifte verhindern. In diesem Paragraphen haben wir es mit der ersten Art der

Haltbarmachung zu tun. Gewissermaßen die Grundlage haben die Versuche SPALLANZANI's (s. Bd. I, S. 7) geliefert. Doch war es einem Pariser Konditor und Koch, Namens APPERT (1), der zwar dabei keine wissenschaftlichen Ziele verfolgte, vorbehalten, auf dem Wege des Probierens ein brauchbares Verfahren zur Haltbarmachung verschiedenartiger Lebensmittel durch Erwärmen aufzufinden. Er füllte Fleisch, Eier, Milch, Gemüse, Obst und Obstsäfte in Flaschen oder andere nicht zu weithalsige Glasgefäße, verschloß diese mit Kork, erwärmte sie während einiger Zeit in kochendem Wasser und konnte nun feststellen, daß die Substanzen während einiger Jahre unverdorben blieben. Die mit diesem Verfahren erzielten günstigen Erfolge veranlaßten den französischen Minister des Innern, dem Entdecker eine Belohnung von 12000 Franken zu bewilligen und die Veröffentlichung anzuordnen. Fand das APPERT'sche Verfahren, das, wie erst spätere Forschungen erwiesen, auf einer Sterilisation und Verhinderung nachträglicher Infektion beruht, bald eine ziemliche Anwendung, so bedurfte es doch noch sehr der weiteren Vervollkommnung: denn bei Milch, Fleisch und Gemüse konnten Mißerfolge sicher nicht ausbleiben. Für das **Einmachen von Obst als sogen. Dunstobst** und die **Konservierung von Obstsäften**, was uns hier allein beschäftigt, bewährte sich das Verfahren dagegen recht gut, wenigstens hinsichtlich der Sterilisation, während allerdings der Verschluß mit Kork sich in vielen Fällen als ungenügend oder unzweckmäßig erwies.

Während bei der Haltbarmachung von Gemüse durch Hitze gewisse Bakterien mit ihren Dauerformen besondere Schwierigkeiten bieten (s. 23. Kap. d. II. Bds.), scheinen solche beim Sterilisieren von Obst und Obstsäften so gut wie keine Rolle zu spielen. Spezielle Untersuchungen über die in frischen Obstsäften vorkommenden Bakterien fehlen zwar noch, doch ist bekannt, daß weitaus die meisten Bakterien in sauren Flüssigkeiten nicht zu wachsen vermögen und darin bald zugrunde gehen (s. Bd. I, S. 375). Aber auch unter den wenigen, die in Obstsäften gedeihen, wie z. B. einigen Essig- und Milchsäurebakterien, befinden sich offenbar keine, die höhere Wärmegrade ertrügen oder wärmewiderstandsfähige Sporen bildeten; denn eine vollkommene Sterilisation der Obstsäfte und Dunstfrüchte ist schon bei verhältnismäßig niedrigen Hitzegraden möglich. Ungenügend erwärmte Obstkonserven der genannten Art werden nicht durch Bakterien verdorben, sondern durch Schimmelpilze oder, wenn auch seltener, durch Hefen.

Auch die vegetativen Zellen der in den Obstsäften wachsenden Eumyceten (*Mucor*, *Penicillium*, *Botrytis*, *Dematium*, *Saccharomyces*, *Torula* etc.) ertragen in feuchtem Zustande, zumal in saurer Flüssigkeit, keine hohen Wärmegrade, sondern sterben nach MÜLLER-THURGAU in Traubensaft bei 55° in 5 bis höchstens 15 Minuten. Etwas widerstandsfähiger scheint eine der von MEISSNER (1) studierten Schleimhefen zu sein, zu deren Vernichtung in Traubenmost die Einwirkung von 61° mindestens 5 Minuten lang erforderlich war. Größere Resistenz zeigen, wie für Hefen zuerst HANSEN (1) nachwies, Dauerzellen und Sporen. Junge Zellen von *Dematium pullulans* wurden in Traubensaft bei 50° in 5 Minuten getötet, braune Dauerzellen bei 55° erst in 15 Minuten (MÜLLER-THURGAU [3]). Von frisch in den Saft gelangten Sporen von *Penicillium glaucum* ertrugen nach diesem Forscher einzelne eine Erwärmung auf 60° durch 5 Minuten, und es bedurfte zum sicheren Abtöten aller 15 Minuten. Lagen sie aber schon einige Stunden im Saft,

so genügten 54° bei gleicher Zeitdauer. *Botrytis*-Sporen erwiesen sich etwas empfindlicher als die von *Penicillium*. Die Sporen von *Saccharomyces ellipsoideus* (Rasse *Steinberg*) wurden in Traubensaft bei 60° in 5 Minuten getötet, während nach Hansen (1) Sporen seines *S. ellipsoideus II* bei 62° C fünf Minuten lebend überstanden, allerdings in Wasser; die von *S. ellipsoideus I* starben unter diesen Umständen. Zwar gibt es auch Hefen, die widerstandsfähiger gegen Hitze sind, wie z. B. ein von Will (1) beschriebener Saccharomycet, bei dem es in Bierwürze bei 70° einer Einwirkungsdauer von einer halben Stunde bedurfte, um die vegetativen Zellen abzutöten, während die Sporen sogar die Temperatur von 75° während dieser Zeit aushielten; weitere Angaben darüber wird der § 27 des 5. Kapitels bringen. Bei der Konservierung von Obst und Obstsäften durch Erhitzen sind bisher keine Pilze aufgetreten oder doch bekannt geworden, die selbst in Sporenform eine Erwärmung in Obstsaft auf 60° länger als 15 Minuten ertragen hätten. Doch ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß gelegentlich einmal ein widerstandsfähigerer Organismus sich einstellt, und man wird, um Mißerfolge zu vermeiden, gut tun, das Sterilisieren bei über 60° oder während einer längeren Dauer vorzunehmen. Je höher die Temperatur, desto weniger lang muß bekanntlich die Einwirkung der Wärme andauern, und ebenso genügt bei längerer Erwärmung eine niedrigere Temperatur. Außer von der Dauer der Einwirkung hängt der erforderliche Wärmegrad auch vom Säure- und Zuckergehalt und vielleicht auch von anderen Eigenschaften des Obstsaftes ab. Säurearme Birnsäfte verlangen etwas höhere Temperaturen als saurer Traubensaft. Dieser Umstand wird auch zu berücksichtigen sein, wenn Birnschnitze, wie vielfach üblich, einfach in Wasser gelegt in Blechdosen oder Gläsern sterilisiert werden. Durch Verwendung von Obstsaft statt Wasser oder durch Zusatz von Citronen- oder Weinsäure und Zucker zum Wasser kann in letzterem Falle die Sterilisation etwas erleichtert werden. Schon die Verwendung einer mäßig konzentrierten Zuckerlösung wirkt günstig und hindert zudem ein nachteiliges Auslaugen der Früchte. Daß es übrigens nicht schwierig ist, Obstkonserven wirklich und nicht nur scheinbar zu sterilisieren, erhellt aus dem Obigen zur Genüge, und wenn solche gelegentlich verderben, so ist dies in der Regel nicht die Folge einer unvollkommenen Sterilisation sondern einer nachträglichen, durch undichten oder sonst ungeeigneten Verschluß ermöglichten Infektion.

Die Technik der Haltbarmachung selbst kann hier nur kurz berührt werden. Näheres enthalten die auf Seite 62 erwähnten Werke. Man vergleiche auch die Abhandlungen von Koch (1) und Wahl (1). Bei dem gewöhnlichen **Einmachen von Früchten** benutzt man die von Appert empfohlenen Flaschen gelegentlich wohl noch für kleinere Früchte, wie Beeren, allein des bequemeren Entleerens wegen zieht man doch die weithalsigen Gefäße vor, die ja für größere Früchte, wie Aprikosen, Pfirsiche, Birnen etc., nicht zu umgehen sind. Während bei ersteren ein Verschluß mit guten, vorher sterilisierten Korkstopfen genügt, wäre ein solcher bei Gefäßen mit weiter Oeffnung nicht nur zu teuer, sondern vor allem ungenügend, die Einwanderung von Pilzen zu verhindern. Die für Fleisch- und Gemüsekonserven so zweckmäßigen Blechdosen werden in Amerika auch für Obst viel benutzt; allein da der saure Saft die Metalle angreift, werden ihnen trotz ihres pilzsicheren Verschlusses immer mehr die bekannten Einmachgläser vorgezogen. Der Abschluß wird bei diesen durch einen zwischen Gefäß und Glasdeckel liegenden

Gummiring erzielt; doch ist, um nachträgliche Infektion zu verhindern, erforderlich, daß die dem tadellos beschaffenen Gummiring anliegenden Glasflächen gut abgepaßt und geglättet und vor dem Auflegen nicht von Obstsaft oder Zuckerlösung benetzt sind. Die Gläser werden, nachdem die Früchte dicht eingefüllt und mit einer meist 15-proz. Zuckerlösung übergossen sind, verschlossen und in Wasser gestellt, das zum Kochen erhitzt wird. Je nach der Art der Früchte und der Größe der Gefäße dauert die Erwärmung verschieden lang, in den meisten Fällen wohl länger, als zur Haltbarmachung erforderlich wäre. Wahrscheinlich würde sich das Aroma der Früchte bei schwächerer Erwärmung besser erhalten; doch wäre bei diesbezüglichen Versuchen zu berücksichtigen, daß man manche Früchte nicht nur sterilisieren, sondern auch weichkochen will. Einmal geöffnet, halten sich Konserven dieser Art natürlich nicht mehr lange.

Die **Haltbarmachung der Obstsäfte** wird ebenfalls durch Sterilisation und Verhinderung nachheriger Infektion erzielt. Ueber die mannigfaltigen Methoden geben die angeführten Schriften über Obstverwertung Auskunft; man vergleiche auch Huber (1). Hier soll nur in Kürze das Wesentliche hervorgehoben werden. Bei der bisher üblichen Saftbereitung benutzt man meist Früchte, die aromatische, schönfarbige Säfte liefern, Erd- und Himbeeren, rote und schwarze Johannisbeeren, Sauerkirschen etc. Häufig läßt man die zerstampften Beeren angären, teils um eine bessere Saftausbeute zu erreichen, teils um das nachträgliche Gelatinieren zu verhindern; denn bei der Gärung wird das Pektin bzw. Pektat zersetzt oder ausgefällt (vgl. Bd. III, S. 270). Bei der Himbeersaftbereitung setzt man den Beeren häufig, statt sie der Gärung zu überlassen, ca. 15 Proz. Alkohol zu und erreicht damit das gleiche, ohne nachteilige Nebengärungen, Essigbildung etc. befürchten zu müssen. Nach dem Filtrieren erhalten die Säfte einen meist starken Zuckerzusatz, dann werden sie kurz aufgekocht, in die vorher angewärmten Flaschen gefüllt und diese sofort mit sterilisierten Korken geschlossen. Oft werden diese Fruchtsäfte mit so starkem Zuckerzusatz versehen, daß sie fast sirupartig sind und ihre Haltbarkeit mehr der osmotischen Wirkung als der Sterilisation verdanken. In neuerer Zeit, wo unvergorene Fruchtsäfte häufiger als eigentliches Getränk benutzt werden, kommt man mehr von jenen stark gezuckerten Produkten ab, die, um erfrischend zu wirken, mit viel Wasser verdünnt werden müssen und dann relativ weniger vom ursprünglichen Safte enthalten. Man sucht die Säfte so, wie sie die Früchte liefern, durch Sterilisation haltbar zu machen. Schon Appert konservierte mit Erfolg Traubenmost in Flaschen, und nachdem durch die Arbeiten Pasteur's eine sichere Grundlage gegeben war, haben Verschiedene diese Art der Haltbarmachung aufs neue in Vorschlag gebracht. Im Jahre 1893 ließ sich G. de Prato (1) ein Verfahren patentieren, ohne es jedoch öffentlich bekannt zu geben. Unter der Bezeichnung Frada bringt W. Nägeli (1) Obstsäfte in den Handel, in denen nach Sterilisation aus am Stopfen befestigtem Natriumbikarbonat Kohlensäure entwickelt wird. Eine Methode, solche Getränke im Großbetrieb und auch in kleinen Mengen, namentlich aus Weintrauben, Aepfeln und Birnen herzustellen, arbeitete Müller-Thurgau (1) aus. Heute werden nach diesem Verfahren durch industrielle Großbetriebe und auch im Haushalt große Mengen sogen. unvergorener und *alkoholfreier Obst- und Traubenweine* hergestellt, die man auch als sterilisierte, alkoholfreie Moste oder als sterilisierte alkohol-

freie Fruchtsäfte ohne Zuckerzusatz bezeichnen könnte. Das Verfahren beim Großbetrieb ist kurz folgendes: Der Saft der zerkleinerten und rasch abgepreßten Früchte wird möglichst bald durch einen vorher ausgedämpften Pasteurisierapparat geleitet. Um nicht zu hohe Wärmegrade anwenden zu müssen, die einen Kochgeschmack erzeugen würden, 5 und doch eine vollkommene Sterilisation zu erzielen, muß der Saft längere Zeit auf der bestimmten Temperatur (65°) verweilen, was durch einen vom üblichen abweichenden Bau des Apparates zu erzielen ist. Aus dem gleichen Grunde darf während der Erwärmung eine Berührung des Saftes mit Luft nicht eintreten. Durch eine sterilisierte Leitung fließt 10 der Saft in ausgedämpfte mit Reiberhahnen und Druckkontrollapparat versehene Fässer, wo er dann längere Zeit liegen bleibt, bis die trübenden Bestandteile größtenteils zu Boden gesunken sind. Nun wird er filtriert, in Flaschen gefüllt, meist mit etwas Kohlensäure imprägniert und sodann im Wasserbad abermals bei 65° sterilisiert. Beim Klein- 15 betrieb bringt man den von der Presse laufenden Saft gleich in Flaschen, die man nach dem Verkorken im Wasserbad während einer halben Stunde auf 65° erwärmt. Haben sich die trübenden Stoffe nach einigen Wochen gesammelt, so wird das Getränk durch Abhebern oder Filtrieren klar gewonnen, abermals auf Flaschen gefüllt und bei derselben Temperatur 20 sterilisiert. Um unvergorene Rotweine zu gewinnen, erwärmt man nach Müller-Thurgau (2) die entrappte Traubenmaische vor dem Abpressen des Saftes auf 45—50°, wobei die Zellen der Beerenhaut absterben und dann den Farbstoff leicht entlassen (vgl. auch Rosenstiehl [1]). Die Haltbarkeit dieser sterilisierten Obst- und Traubensäfte wird am häufigsten 25 durch Schimmelpilze beeinträchtigt, die entweder aus ungenügend steril gemachten Korkstopfen oder neben diesen von außen her in die Flaschen gelangen. Durch Wahl genügend großer Stopfen und Sterilisieren derselben vermag man diesem Uebelstand vorzubeugen. Zudem kann die Außenfläche noch mit einem Ueberzug von Paraffin oder Lack versehen 30 werden. Nach Reutty (1), der auf Grund seiner Untersuchung ein halbstündiges Verweilen der Stopfen in strömendem Wasserdampf als die wirksamste Behandlung bezeichnet, wachsen die Schimmelpilze von außen nicht durch die Stopfen, sondern zwischen diesen und der Glasfläche ins Innere der Gefäße. Bleiben die Flaschen längere Zeit aufrecht stehen, 35 so trocknen die Stopfen und schrumpfen etwas ein, und es tritt dann leicht eine Infektion durch Schimmelpilze ein. Hefe und Bakterien sind den unvergorenen Weinen wenig gefährlich, wohl weil sie infolge ihrer Wachstumsweise schwerer neben dem Stopfen einzudringen vermögen. Das Pasteurisieren von Traubensäften behufs nachheriger Vergärung mit 40 Reinhefe soll im 16. Kapitel dieses Bandes behandelt werden.

§ 19. Haltbarmachung von Obst und Obstsäften durch Erhöhen der Saftkonzentration.

Hierher gehört einerseits die Herstellung des Dörrobstes und andrerseits die der Fruchtsirupe, Gelées, Marmeladen usw. Das **Dörren** 45 ist wohl die älteste Methode, das Obst für längere Zeit haltbar zu machen. Indem man dabei der Frucht den größten Teil des Wassers entzieht, findet eine solche Konzentration des Saftes statt, daß die auf das Dörrobst gelangenden Pilze das zum Keimen oder weiteren Wachstum erforderliche Wasser nicht aufzunehmen vermögen. Es ist also durchaus 50

nicht nötig, daß das Wasser vollständig ausgetrieben wird; es genügt, wenn die osmotische Wirkung der konzentrierten Lösung von Zucker und anderen Inhaltsstoffen die Wasseraufnahme durch die Pilze verhindert (vgl. Bd. I, S. 332 ff.). Je reicher eine Frucht an Zucker und 5 Säure ist, ein desto geringerer Prozentteil des Wassers muß daher beim Dörren entfernt werden, um ein haltbares Produkt zu gewinnen. Während man früher das Obst oft trocknete, bis es ganz hart war, wobei durch die lang andauernde und weitgehende Erwärmung das Aroma verloren ging und dafür unangenehm schmeckende Röstprodukte 10 entstanden, geht man bei dem heutigen rationellen Dörren nicht weiter, als zum erwähnten Zwecke erforderlich ist. Es wird auch gar nicht beabsichtigt, beim Dörren die etwa dem Obst anhaftenden Pilze zu töten; diese können nachher doch keinen Schaden anrichten, und zudem wird auch das Dörrobst nicht vor dem Zutritt neuer Keime geschützt. Wo 15 daher die Witterungsverhältnisse, trockene Luft und anhaltender Sonnenschein, es gestatten, kann das Obst ganz gut bloß durch Wasserentzug, ohne stärkere künstliche Erwärmung in haltbare Form gebracht werden. So werden Cibeben, Rosinen und Korinthen in Spanien und Griechenland an der Sonne getrocknet, und die Bewohner der Alpengegenden dörren 20 z. B. Apfelschnitze, indem sie dieselben an Schnüren aufgereiht in die trockene Luft hängen.

In den wenigsten Obstbaugegenden gestatten jedoch die klimatischen Verhältnisse, mit Sicherheit ein solch billiges Verfahren anzuwenden; in der Regel wird das Obst vielmehr in besonderen Apparaten 25 gedörrt. Bezüglich der verschiedenen Systeme solcher Dörröfen und Dörrapparate und ihrer Handhabung sei auf die Werke von SEMLER (1), LUCAS (1), GOETHE (1), KÜHN (1) und MERTENS (1) verwiesen. Meist beruhen sie auf dem Prinzip, daß ein Strom warmer, relativ trockener Luft an den Früchten vorbeistreicht. Anders bei CHRIST's Vacuum-30 Trockenapparat, in dem sich nach KÜHN (1) die Früchte rascher und bei niederer Temperatur trocknen lassen und mehr den Geschmack frischer Früchte behalten. Nur bei trockener Aufbewahrung halten sich die Dörrfrüchte längere Zeit. In feuchten Räumen nehmen sie Wasser auf; infolge der eintretenden Saftverdünnung siedeln sich dann leicht 35 Schimmelpilze (*Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten) an. Der häufig, namentlich auf gedörrten Zwetschen anzutreffende weiße Ueberzug ist jedoch gewöhnlich nicht pilzlicher Natur, sondern besteht nur aus kristallinisch ausgeschiedenem Zucker.

Die Haltbarkeit der **Gelees, Fruchtsirupe, Marmeladen** usw. be-40 ruht ebenfalls auf ihrer osmotischen Wirkung, die das Wachstum hinzutretender Pilzkeime verhindert. Obstsäfte wurden früher einfach so stark eingekocht, bis sie sich erfahrungsgemäß hielten. Solche im Volke Obstkraut oder Obsthonig genannte Sirupe enthalten 55—60 Proz. Zucker zufolge KÖNIG (2). Ein Obstsaft von 8 Proz. Zucker muß also 45 mindestens auf den siebenten Teil eingedampft werden, wobei Farbe und Geschmack sehr ungünstig verändert werden. Dies wird weniger der Fall sein, wenn das Eindicken in luftverdünntem Raume bei niederen Wärmegraden stattfindet. Von der Firma FRATELLI FAVARA in Mazzara del Vallo in Sizilien wird Traubensaft nach vorausgegangenem Filtrieren 50 im Vacuumapparat bei ungefähr 40° auf ein Viertel des ursprünglichen Volumens eingedampft. Trotzdem dieser sirupartige konzentrierte Most von ca. 62 Proz. Zuckergehalt nicht steril ist, sondern u. a. lebensfähige Hefen, darunter regelmäßig auch *Sacch. apiculatus*, enthält, bleibt er

doch unverändert und geht erst nach Verdünnung von selbst in Gärung über. Auf diese Weise hoffte man, Traubenmost mit geringeren Fassungs- und Transportspesen auf weitere Entfernungen verschicken zu können, wo sie dann entweder zur Verbesserung dort gewachsener Moste oder entsprechend verdünnt als alkoholfreies Getränk Verwendung finden sollten. Nach den in verschiedenen gärungsphysiologischen Laboratorien gemachten Erfahrungen (vgl. auch Wortmann [1]) eignet sich solcher „Mosto concentrato" in richtiger Verdünnung gut zu Pilzkulturen, Gärversuchen und Hefenzüchtung, zumal wenn der niedrige Stickstoffgehalt durch Zusatz von 0.05—0.1 Proz. Ammoniumphosphat aufgebessert wird.

Heutzutage bringt man die zu dieser Art der Haltbarmachung bestimmten Obstsäfte gewöhnlich nicht mehr durch Eindampfen allein auf die erforderliche Konzentration, sondern es wird durch *Zuckerzusatz* mehr oder weniger nachgeholfen. Nach König (1) enthielt Himbeersaft (bzw. Sirup) aus einer Apotheke 20,5 Proz. Traubenzucker und 40 Proz. Rohrzucker, ein solcher aus einer Konditorei 22,5 Proz. Traubenzucker und 33,3 Proz. Rohrzucker. Ein Zuckergehalt von 58—60 Proz. genügt also, Gärung oder anderweitige Zersetzung zu verhindern. Obwohl diese *konzentrierten Fruchtsäfte* beim Aufkochen sterilisiert werden, verdanken sie ihre Haltbarkeit doch nicht diesem Umstande, sondern, wie erwähnt, der osmotischen Wirkung auf hinzutretende Pilzkeime, und es wird das Ziel daher auch erreicht, wenn die Eindickung im Vacuumapparat ohne starke Erwärmung erfolgt, wie Kühn (1) für Himbeersaft und Sauerkirschensaft empfiehlt. Pektinreiche Früchte werden zu *Gelees* verarbeitet, indem man sie nur kurz aufkocht und dabei oder schon vorher mit soviel Zucker versieht, als zur Haltbarmachung erforderlich ist. Das Gelee wird heiß in die Gläser gefüllt, diese lose zugedeckt und nach Abkühlung durch in heißes Wasser getauchtes Pergamentpapier oder dergleichen abgeschlossen. Nimmt bei Aufbewahrung in feuchten Räumen die oberflächliche Schicht des Gelees Wasser auf, so können sich Pilze ansiedeln. Auf den gleichen Umständen beruht die Haltbarkeit des *Obstmuses*, das gewonnen wird, indem man gekochte Früchte zerkleinert, durch ein Sieb drückt und den gewonnenen Brei dann genügend eindickt. Meistens wird man aber, um den Wohlgeschmack wertvollerer Früchte zu schonen, den erforderlichen Konzentrationsgrad durch Zuckerzusatz bei weniger lang andauerndem Erhitzen herbeiführen. Man erhält dann *Marmeladen* (*Jams*), die ebenfalls ihrem hohen Gehalte an Zucker (ca. 60 Proz.) ihre Haltbarkeit verdanken. Ein kleiner Anteil an dieser Wirkung mag übrigens wie bei den oben genannten Produkten dem Säuregehalt zukommen. Nach Windisch (1) enthielten von englischen Marmeladen z. B. Cherry Plum Jam 56 Proz. Invertzucker, 1,05 Proz. Rohrzucker und 1,3 Proz. Säure, Gooseberry Jam 56,1 Proz. Invertzucker und 3,78 Proz. Rohrzucker, Apricot Jam 25,7 Proz. Invertzucker und 41,71 Proz. Rohrzucker usw. *Gsälz* oder *Latwerge* nennt man ein Produkt, das entsteht, wenn man drei oder vier Teile Birnensaft und ein Teil Apfelmus mischt und bis zur nötigen Konzentration eindampft. Hier würden sich auch die mannigfaltigen *Kompots* anreihen, die hergestellt werden, indem man feinere Früchte, wie Pfirsiche, Aprikosen, Kirschen, Erdbeeren in konzentrierter Zuckerlösung kurze Zeit aufkocht. Alle in diesem Absatz erwähnten Obstprodukte halten sich, wenn sie richtig hergestellt wurden und der Aufbewahrungsort trocken ist, nach dem Oeffnen der Gefäße noch längere Zeit. Die verschiedenen Herstellungsarten der in diesem Paragraph er-

wähnten Obstkonserven näher zu beschreiben, ist hier nicht der Ort; eine eingehende Behandlung haben dieselben in den genannten Werken über Obstverwertung, namentlich in denjenigen von MERTENS (2) und von HERMANN (1), gefunden.

5 **§ 20. Haltbarmachung von Obst und Obstsäften durch Pilzgifte.**

Auf die Entwicklung von pilzlichen Organismen in Obstkonserven können mancherlei Substanzen nachteilig wirken, teils wie Zucker und Kochsalz in konzentrierter Lösung durch Erzeugung andauernder Plasmolyse (s. Bd. I, S. 442), teils, wie Alkohol und Essigsäure, als schwächere 10 Protoplasmagifte. Hieran würden sich dann diejenigen Stoffe anschließen, die schon in geringen Mengen sowohl für Pilze giftig sind, als auch die menschliche Gesundheit beeinträchtigen, wie schweflige Säure, Salicylsäure, Borsäure usw. Für die Haltbarmachung von Obst und Obstsäften kommen hauptsächlich die Stoffe der beiden ersten Gruppen in Betracht, 15 von denen wiederum Zucker und Kochsalz nicht als Gifte bezeichnet werden können. Die Bedeutung eines hohen Zuckergehaltes für die Haltbarkeit mancher Obstprodukte wurde im vorigen Paragraphen dargelegt. Kochsalz spielt bei der Obstkonservierung kaum eine Rolle (vgl. 19. Kap. d. II. Bds.), so daß wir sofort zu den mit Alkohol her-20 gestellten Konserven übergehen können. Ueber die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen in Betracht kommenden Pilze gegenüber Alkohol liegen wenig genaue Angaben vor. Hefen zeigen (s. Bd. IV, S. 130) bei 12 Gew.-Proz. Alkohol kaum eine Weiterentwicklung, doch hält man z. B. in den Großbetrieben, um die Rohsäfte von Erdbeeren 25 und Himbeeren bis zur weiteren Verarbeitung vor Zersetzung zu schützen, einen Zusatz von mindestens 15 l 96-proz. Alkohols auf 100 l Saft für notwendig. Um die Schimmelpilze hintanzuhalten, genügen schon wenige Prozent Alkohol. Widerstandsfähiger sind die Essigbakterien, doch fallen Getränke mit 15 Proz. Alkohol und darüber nicht 30 mehr dem Essigstich anheim. Ein Alkoholgehalt von 15 Proz. dürfte also vollkommen genügen, den betreffenden Produkten Haltbarkeit zu verleihen. Häufig wird ohne Rücksicht auf den eigentlichen Zweck zu viel Alkohol verwendet, wodurch die Produkte nicht nur weniger bekömmlich werden, sondern auch an Fülle und Harmonie des Geschmackes 35 verlieren. Um ein zu starkes Auslaugen und Fadwerden der eingemachten Früchte zu vermeiden, wird Alkohol nicht allein, sondern mit Zuckerlösung zusammen verwendet, und die Erfahrung zeigt nun, daß, je mehr Zucker die Konserve enthält, desto weniger Alkohol zur Erreichung der Haltbarkeit erforderlich ist (vgl. Bd. IV, S. 132). Bei 40 25 Proz. Zucker dürften 12 Gew.-Proz. Alkohol genügen. Dabei muß dann allerdings der Wassergehalt der Früchte mit eingerechnet sein. Früchtenkonserven, die hierher gehören, sind in Rum, Kognak oder verdünnten Spiritus mit Zucker eingelegte Mirabellen, Kirschen, Reineclauden, Aprikosen, Pfirsiche, unreife Nüsse usw. Auch bei den 45 sogen. Essigfrüchten, bei denen man das Zusammenwirken von Essigsäure und Zucker zur Haltbarmachung benutzt, beruhen die Vorschriften zur Herstellung auf rein empirischer Basis, so daß sich denselben nicht entnehmen läßt, wie groß der Mindestgehalt an Essigsäure und Zucker zur Haltbarmachung sein muß. Zudem wird die Wirkung 50 der beiden noch durch Zugabe von Gewürzen und durch Kochen der

Früchte in der Lösung unterstützt. Es sind namentlich Birnen und Zwetschen, die häufig in dieser Form konserviert werden, doch eignet sich die Methode natürlich auch für andere Fruchtarten. Statt Weinessig wird neuerdings häufiger reine Essigsäure angewendet, die man entsprechend mit Wasser verdünnt. Einigen Anhalt für die erforderliche 5 Menge an Essigsäure können die Untersuchungen LAFAR's (1) bieten, nach denen in entsäuertem Traubensaft bei 1-proz. Essigsäure noch Gärung stattfinden konnte, nicht aber in normalem Saft bei gleichem Essigsäuregehalt. Da nun die Ernährungsbedingungen für die Hefe in den Säften von Zwetschen, Birnen usw. ungünstiger sind als in Trauben- 10 saft, und da bei den betreffenden Essigfrüchten nicht allein die Apfelsäure sondern auch der hohe Zuckergehalt die Einwirkung der Essigsäure unterstützt, so dürfte es genügen, wenn die fertige Konserve bei etwa 25 Proz. Zucker ca. 1 Proz. Essigsäure enthält. Meist wird allerdings mehr Zucker und Essigsäure angewendet, jedoch nicht der Halt- 15 barkeit, sondern, ersterer wenigstens, des Wohlgeschmackes wegen. Bei Erhöhung des Zuckergehaltes könnte aber der an Essigsäure eher noch vermindert werden.

Ueber die Gifte im engeren Sinne des Wortes kann hier kurz hinweggegangen werden. So wirksam sie natürlich zur Verhinderung von 20 Gärungs- und Fäulnisvorgängen sind (vgl. 19. u. 21. Kap. d. I. Bds.), so gehören sie doch nicht in Nahrungs- und Genußmittel. Am wenigsten Bedenken erregt noch die schweflige Säure in der üblichen Anwendungsweise, weil nur geringe Mengen in die Konserve gelangen und diese Verbindung teils durch Verflüchtigung, teils durch Oxydation größten- 25 teils wieder verschwindet. Werden Obstsäfte oder eingekochte Beeren in Flaschen oder Glasdosen gefüllt, in denen man sie nachher nicht mehr erwärmt, so pflegt man die Gläser vorher durch Einbrennen mit Schwefel zu sterilisieren. Ferner wird oft schweflige Säure beim Dörren von Apfelscheiben angewendet, um ihnen eine hellere Färbung zu verleihen. 30 Falls, was nicht zu empfehlen ist, diese Behandlung erst nach dem Dörren stattfindet, wird zwar die schweflige Säure auch etwas zur Haltbarkeit des Dörrobstes beitragen, allein da sie dann teilweise im Obst verbleibt, kann bei gewissem Gehalt ein solches Produkt aus Gesundheitsrücksichten beanstandet werden. Daß es nicht angeht, Obstsäfte durch schweflige 35 Säure allein haltbar machen zu wollen, ist selbstverständlich; der als „Amplosia" seinerzeit von Landau aus vertriebene Traubensaft war ein solches Produkt. In diesem Falle kann bei dem in Flaschen abgeschlossenen Getränk die in beträchtlicher Menge vorhandene schweflige Säure weder sich verflüchtigen noch oxydiert werden, noch auch selbst 40 bei längerem Lagern, wie bei alkoholhaltigen Getränken, in die unschädliche Aldehydverbindung übergehen. Preißelbeeren, die nach MACH und PORTELE (1) einen hohen Gehalt an der stark antiseptisch wirkenden Benzoësäure aufweisen, lassen sich infolgedessen ohne Zuckerzusatz für kürzere Zeit konservieren und erfordern beim Einmachen für längere 45 Dauer einen geringeren Zuckergehalt als andere Beerenarten. Bei diesen unterstützt man in manchen Fällen die Wirkung des Zuckers, indem man ihnen eine gewisse Menge Preißelbeeren zumischt. Von den übrigen Pilzgiften findet bei der Haltbarmachung von Obst und Obstsäften die Salicylsäure die häufigste Anwendung, und zwar sind es zwei Gründe, die 50 dazu führen: bei Manchen die Unfähigkeit, die einwandfreien bewährten Methoden richtig anzuwenden, bei Anderen das Streben, an Zucker oder an Arbeit und Heizmaterial zu sparen. Der Ersatz eines Teiles des

Zuckers durch Salicylsäure vermindert natürlich den Wert der Konserve. In verschiedenen Ländern wird übrigens mit Recht durch die Lebensmittelgesetzgebung dieser Verwendung der Salicylsäure entgegengewirkt.

Literatur.

zum Kapitel Schutz des Obstes gegen Fäulnis.

*Appert, (1) L'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales. Paris 1810. Fünfte Aufl. 1834; Deutsch in Prag 1844. *Bach, C., (1) Verwertung und Konservierung des Obstes und der Gemüse. 2. Aufl., Stuttgart 1898. *Bissmann, O., und Gaerdt, H., (1) Die Ernte und Aufbewahrung frischen Obstes während des Winters, 3. Aufl., Frankfurt a. d. Oder 1901. *Brefeld, O., (1) Jahresber. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur, 1902, II. Abt. f. Obst- und Gartenbau, S. 12. *Frank, A. B., (1) Die Krankheiten der Pflanzen, 2. Aufl., Breslau 1896. *Goethe, R., (1) Die Obstverwertung unserer Tage, 2. Aufl., Wiesbaden 1897. *Hansen, E. Chr., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1883, Bd. 2, S. 41. *Hausner, A., (1) Die Fabrikation der Konserven und Kanditen, 3. Aufl., Wien 1899. *Hermann, (1) Handbuch der industriellen Obst- und Gemüseverwertung, Berlin 1891. *Huber, K., (1) Konserven-Zeitung, 1900, S. 65. *Koch, Alfr., (1) Geisenheimer Mitteilungen über Obst- und Gartenbau 1894, Nr. 6. *König, J., (1) Zusammensetzung d. menschl. Nahrungs- und Genußmittel, 3. Aufl., 1. Teil, 1899, S. 760. — (2) Ebenda, 2. Teil, 1893, S. 818. *Kühn, B. L., (1) Die rationelle Obstverwertung im Haushalte und gewerbl. Betriebe. Berlin 1897. *Kulisch, P., (1) Landw. Jahrbücher, 1902, S. 871. *Lafar, F., (1) Landw. Jahrbücher, 1895, Bd. 24, S. 456. *Lucas, Fr., (1) Das Obst und seine Verwertung, 3. Aufl., Stuttgart 1889. *Mach, Ed., und Portele, K., (1) Landw. Versuchsstationen, 1890, Bd. 38, S. 69. *Meissner, R., (1) Landw. Jahrbücher, 1898, Bd. 27, S. 757. *Mertens, R., (1) Dörrbüchlein, 4. Aufl., Wiesbaden 1897. — (2) Obsteinkochbüchlein, 4. Aufl., Wiesbaden 1900. *Müller-Thurgau, H., (1) Vorläufige Mitt.: Schweiz. Zeitschr. f. Obst- und Weinbau (2. Mainummer) 1895. Ausführlicher ebenda, 1896, S. 97 und separat: Die Herstellung unvergorener und alkoholfreier Obst- und Traubenweine. Frauenfeld 1896; 6. Aufl., 1902. — (2) Ebenda, 2. Aufl., 1896, S. 22. — (3) Ebenda, 4. Aufl., 1897, S. 13. *Nägeli, W., (1) Korrespondenzblatt d. Ver. Deutsch. Mineralw.-Fabrikanten, Juni 1896 (Patentanmeldung). *Otto, R., (1) Landw. Versuchsstationen, 1902, Bd. 56, S. 427. *Prato, G. de, (1) Allg. Weinztg., 1895, S. 241. *Reutty, X., (1) Der Kork als Verschlußmaterial mit besonderer Berücksichtigung seiner Permeabilität für Mikroben. Dissert. Zürich, 1900. *Rosenstiehl, A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 566. *Schellenberg, H., (1) 2. Jahresbericht der schweiz. Versuchsstation in Wädensweil, 1891/92, S. 40. *Semler, H., (1) Die gesamte Obstverwertung nach den Erfahrungen durch die nordamerikanische Konkurrenz, 2. Aufl., Wismar 1895. *Sorauer, P., (1) Deutsche Garten- und Obstbau-Ztg., Leipzig, Oktober 1879. — (2) Schutz der Obstbäume gegen Krankheiten. Stuttgart 1900. *Taschenberg, E. L., (1) Schutz der Obstbäume gegen feindliche Tiere. Stuttgart 1901. *Tubeuf, K. von, (1) Pflanzenkrankheiten durch kryptog. Parasiten verursacht. Berlin 1895. *Viala, P., (1) Les maladies de la vigne, 3. Aufl., Montpellier 1893. *Wahl, von, (1) Konserven-Zeitg., 1903, S. 105. *Will, H., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1891, Bd. 14, S. 145. *Windisch, K., (1) Ber. der Kgl. Lehranstalt in Geisenheim, 1902, S. 140. *Wortmann, J., (1) Bot. Ztg., 2. Abt., 1893, Bd. 51, S. 177. *Zimmermann, F. W. R., (1) Landw. Jahrbücher, 1904, Bd. 33, S. 917. *Zschokke, Th., (1) 5. Jahresber. d. schweiz. Versuchsstation in Wädensweil, S. 41. — (2) Der schweiz. Gartenbau, 1895, S. 147.

Dritter Abschnitt.

Mykologie des Brauwesens.

5. Kapitel.

Die Züchtung von Brauereihefe im großen.

Von

Prof. Dr. J. Brand, Alb. Klöcker, Dr. H. Wichmann, Prof. Dr. H. Will.[1])

§ 21. Darlegung der Prinzipien der Hefenreinzucht in der Brauerei.

Wir haben schon auf S. 8 des IV. Bandes Gelegenheit gehabt, darzulegen, was man unter Kulturhefe und unter wilder Hefe, bzw. Krankheitshefe, in den Brauereien versteht. Recht früh und weit bevor man letztere kannte, hatte man bemerkt, daß die Bakterien als Krankheitserreger auftreten können. Pasteur (1) aber war der erste, welcher der Einsicht allgemeine Verbreitung verschaffte, daß Bakterien Krankheiten in gegorenen Flüssigkeiten erregen können. Diese Lehre Pasteur's rief konsequent den Wunsch hervor, eine reine Hefe anzuwenden, und er teilte deshalb im Jahre 1876 ein Verfahren zu einer Reinigung („purification") der Brauereihefe mit. Von einer Reinzüchtung in dem jetzigen Sinne dieses Wortes war also keine Rede. Er empfahl, die Brauereihefe entweder in einer mit Weinsäure versetzten Zuckerlösung oder in einer mit wenig Karbolsäure versetzten Würze zu züchten. Er sucht also das angestrebte Ziel durch chemische Mittel zu erreichen, und in den meisten Fällen gelingt es ihm auch durch dieses Verfahren, die Hefe von den Bakterien zu reinigen. Man wußte nämlich damals noch

---

[1]) Es sind eingelaufen:
§§ 21—22 von H. Alb. Klöcker am 4. 5. 1904,
§§ 23—25 „ „ Dr. H. Wichmann am 27. 4. 1905,
§§ 26—28 „ „ Prof. Dr. H. Will und
§§ 29—31 „ „ Prof. Dr. Jos. Brand, Vorstand d. chem. Abteilung d. Wissenschaftl. Station f. Brauerei in München, am 3. 5. 1905.

nicht, daß einige der gefährlichsten Krankheiten vergorener Flüssigkeiten durch wilde Hefenarten hervorgerufen werden, und daß gerade diese durch das in Rede stehende Verfahren in hohem Maße in ihrem Gedeihen, auf Kosten der guten Hefe, begünstigt werden, was nämlich alles erst später durch E. Chr. Hansen (1, 3, 5) nachgewiesen wurde. Pasteur's Verfahren führte in Wirklichkeit in eine dem angestrebten Ziele gerade entgegengesetzte Richtung. Es fand darum auch keinen Eingang in die Praxis; wo man es prüfte, wurde es bald wieder aufgegeben. So wirksam zur Hervorrufung der Entwicklung der Krankheitshefen ist diese Methode, daß sie nach der Anweisung Hansen's als ein ausgezeichnetes Mittel eingeführt wurde, um in der Kulturhefe minimale Mengen wilder Hefe ausfindig zu machen, welche durch andere Mittel nicht entdeckt werden können (vgl. § 40 d. 7. Kap.).

Auch die Theorien Nägeli's aus dem Jahre 1879 wurden in die Gärungstechnik hineingezogen. Diskussionen über das Degenerieren der Hefe spielten aufs neue wieder eine große Rolle. In betreff der Krankheiten des Bieres wurde nach und nach auf alle Möglichkeiten geraten. Insofern eine Untersuchung angestellt wurde, beschränkte man sich wie früher auf eine mikroskopische. Versuche wurden nicht unternommen und konnten zu dieser Zeit auch nicht angestellt werden. Die Wissenschaft brachte so in wechselnder Reihe die eine Lehre nach der anderen hervor, von denen aber keine Stand hielt. Es geschah oft, daß die Brauer große Geldsummen durch Mißerfolge während der Gärung verloren; die Ursache kannte man nicht, und man stand ihnen also wehrlos gegenüber. Eine Illustration des damaligen Standpunktes gibt die Aeußerung Thausing's aus dem Jahre 1884: „Die Wissenschaft hat über Gärungsorganismen und über das Wesen der Gärung schöne Arbeiten geliefert; für die Brauereien direkt Verwertbares hat sie so gut wie nichts geboten, nach wie vor ist der Gärungsprozeß für den Praktiker in ein mystisches Dunkel gehüllt. Die Untersuchungen Hansen's über Züchtung reiner Hefe berechtigen uns allerdings zu großen Hoffnungen; trügen sie nicht, so stehen wir vor einer Errungenschaft, deren Bedeutung nicht hoch genug veranschlagt werden kann."

Welches waren denn die von Hansen unternommenen Untersuchungen, die die obenstehende Aeußerung von Thausing hervorgerufen hatten? Hansen hatte auf diesem schwierigen Gebiete die experimentelle Behandlung eingeführt und statt der unklaren Diskussionen über die vielen Möglichkeiten eine klare Beweisführung gegeben. Er hatte für die Untergärung dargetan: 1. daß es bestimmte wilde Hefenarten sind, welche einige der gefährlichsten Krankheiten in den Brauereien hervorrufen; 2. daß das, was man bis dahin *Saccharomyces cerevisiae*, Kulturhefe, genannt hatte, nicht etwas Einheitliches, sondern aus verschiedenen Arten und Rassen zusammengesetzt war, welche Bier von verschiedener Beschaffenheit geben, und 3. daß deshalb nur eine aus einer einzelnen ausgewählten Art oder Rasse bestehende Stellhefe anzuwenden ist.

Diese planmäßige Auswahl bildet das wesentlichste Glied des Hansen'schen Reinzuchtsystems, und die Grundlage dazu war das Studium der Arten von neuen Gesichtspunkten aus.

Seine erste Mitteilung (1) über diese Untersuchungen erschien im Jahre 1882, wurde aber damals fast gar nicht beachtet. Dies geschah erst dann, als er in dem folgenden Jahre die ausführlicheren Abhand-

lungen (2) veröffentlichte, und zwar über seine Reinzüchtungsmethoden, über die neuen Gesichtspunkte zur Unterscheidung der Arten und über Krankheiten im Biere, die durch Alkoholgärungspilze hervorgerufen werden. Was er hierüber vom Jahre 1883 ab veröffentlichte, waren nicht nur theoretische Erörterungen und Laboratoriumsarbeiten, sondern zugleich Ergebnisse völlig fertiger Experimente, welche er in den Kopenhagener Brauereien Gamle und Ny-Carlsberg angestellt hatte. Er arbeitete sein System bis in alle Einzelheiten aus, so daß man es sofort in der Praxis anwenden konnte. In die Untergärungsbrauereien führte er selbst es persönlich ein.

Das Mittel, eine passende Art oder Rasse zu erhalten, ist die Reinzucht mit dem Ausgangspunkte von einer einzelnen Zelle: nur dann hat man die Sicherheit, daß man mit einer einzelnen Art arbeitet. Hansen mußte deshalb vor allem eine exakte Reinzuchtmethode ausarbeiten, wie sie als Einzell-Kultur auf S. 107 u. f. des IV. Bandes beschrieben worden ist.

Wünscht man, in eine Brauerei die Reinhefe einzuführen, dann verfährt man nach Hansen (11) auf folgende Weise. Da es gilt, eine planmäßige Auslese der betreffenden Art oder Rasse vorzunehmen, ist der Ausgangspunkt so zu wählen, daß man Sicherheit hat, die erwünschte Art oder Rasse darin zu finden, wie auch daß man dieses Ziel so leicht wie möglich erreichen kann. Man geht deshalb von derjenigen Hefe aus, welche sich im Betriebe besonders gut bewährt hat und welche ein Produkt von eben derjenigen Beschaffenheit geliefert hat, wie man sie in der Brauerei wünscht. Im allgemeinen wird man dieser Art, die dem Biere seinen Charakter verleiht, leicht habhaft werden, da sie ja während der Gärung im Uebergewicht zugegen sein muß.

Hansen's Untersuchungen zufolge hat es sich gezeigt, daß das Oberflächenbier am Anfange der Hauptgärung in der Regel nur in geringem Grade oder gar nicht mit wilder Hefe infiziert ist, falls eine solche in der Stellhefe überhaupt vorhanden gewesen ist. Das Umgekehrte ist dagegen am Schlusse der Hauptgärung der Fall, da die wilde Hefe dann in ihrer verhältnismäßig größten Menge im Biere zugegen ist. Der Ausgangspunkt ist also zu jenem Zeitpunkt zu nehmen, in welchem sich eben eine Schaumdecke im Gärbottich gebildet hat. Aus einer Probe dieses Bieres isoliert man eine Anzahl von Zellen in der früher angegebenen Weise, und mit den von diesen erzeugten Massenkulturen stellt man dann vorläufige Gärversuche im Laboratorium an. Selbstverständlich ist es immer am besten, für diese Versuche die gleiche Würze, wie sie in der betreffenden Brauerei benutzt wird, anzuwenden und soweit als möglich die daselbst herrschenden Verhältnisse nachzuahmen. Man stellt dann Beobachtungen über den Verlauf der Gärung an, man sieht, ob die Würze klar bleibt, ob die Bodensatzhefe fest anliegt, ob ein fremder Geschmack oder Geruch im Biere zugegen ist, usw. Die Hefe wird unter dem Mikroskope untersucht, Sporenkulturen werden angestellt, kurz, man ermittelt die Charaktere der Hefe.

Bisweilen geschieht es, daß mehrere unserer Kolben, obwohl sie tatsächlich die nämliche Art enthalten, nichtsdestoweniger Verschiedenheiten rücksichtlich des Verlaufes der Gärung aufweisen. Dies rührt indessen von individuellen Verschiedenheiten der Art her, und man muß deshalb auch unter den Individuen der Art seine Auswahl machen. Hat man schließlich einen Kolben gefunden, von dessen Inhalt man annehmen zu dürfen meint, daß er so wie gewünscht ist, dann muß man

sogleich dafür Sorge tragen, daß etwas von dieser Hefe in reinem Zustande aufbewahrt werde (s. Bd. IV, S. 112). Hierauf beimpft man vier oder fünf Pasteur-Kolben, jeder ungefähr ein Liter fassend und ca. 0,5 l steriler Bierwürze enthaltend. Sie bleiben bei Zimmertemperatur stehen; nach Verlauf einer Woche hat sich darin eine hinlängliche Menge Bodensatzhefe gebildet. Diese wird aus jedem der vier Kolben in je vier große Carlsberg-Gefäße (s. S. 86) eingetragen, die mit je 7 Liter Bierwürze beschickt sind. Hierin wird dann im Verlaufe von ungefähr einer Woche soviel Bodensatzhefe entstehen, als für ein Hektoliter Würze in der Brauerei als Stellhefe erforderlich ist. Im Gärkeller wird ein Bottich aufgestellt, der anderthalb Hektoliter faßt. Er wird gut gereinigt, und nachdem er dann mit ein Hektoliter Würze beschickt ist, wird er mit einem lose aufliegenden Deckel versehen. Der Inhalt der vier Carlsberg-Gefäße wird in den Bottich hineingegossen. Will man nicht auch das Bier in den Bottich eintragen, sondern nur die Bodensatzhefe allein, so ist es ratsam, die Carlsberg-Gefäße ein wenig länger als eine Woche, etwa 10 Tage, stehen zu lassen, damit die Hefe besser zu Boden sinkt. Letzteres Verfahren ist immer notwendig, falls die Brauerei und das Laboratorium voneinander entfernt liegen. Wenn Kräusenbildung in dem Bottich eingetreten ist, können dann mit dem ganzen Inhalt des Bottichs 3—4 Hektoliter Würze angestellt werden.

Das im obenstehenden beschriebene Verfahren zur Einführung der reingezüchteten, planmäßig ausgewählten Hefe würde allzu umständlich sein, weil man es jedesmal wiederholen müßte, wenn die Brauerei eine neue Stellhefe wünscht. Aus diesem Grunde benutzt man besondere größere Reinzuchtapparate, in welchen immer eine ausreichende Menge von reiner Hefe für die großen Bottiche erzeugt wird. Man bekommt auch auf diese Weise größere Sicherheit, als wenn man mit den eben beschriebenen kleinen Reinhefenmengen arbeitet. Beschreibungen solcher Apparate werden in den folgenden §§ 23 und 24 gegeben werden.

Bei der im vorhergehenden mitgeteilten Anweisung zur Einführung des Reinzuchtsystems in die Praxis schenkte Hansen besonders den Verhältnissen in den Untergärungsbrauereien seine Aufmerksamkeit; es gilt aber alles, was hier gesagt ist, auch von der Obergärung; das Verfahren ist im wesentlichsten dasselbe, und es kann höchstens von kleinen Aenderungen die Rede sein. Die örtlichen Verhältnisse wie auch die persönliche Auffassung und die Gewohnheiten des Brauers spielen selbstverständlich auch eine Rolle. Die Hauptzüge bleiben aber überall dieselben.

Unter den Einwänden, welche gemacht wurden, als Hansen mit seiner Reform auftrat, war auch die, daß eine einzelne Art nicht imstande sei, auch die Nachgärung durchzuführen. Er zeigte indessen sofort, daß diese jedenfalls in den Untergärungsbrauereien gut von statten ging. Nur in England haben sich in dieser Beziehung Schwierigkeiten gezeigt; hier herrschen aber auch ganz besondere Verhältnisse, welche später noch besprochen werden sollen. Ueber die Verbreitung des Systems handelt der nächste Paragraph.

So wie Hansen selbst sein System einführte, war es in seiner einfachsten Gestalt, nämlich die Anwendung von nur einer einzelnen Art. Es war ihm nicht fremd, daß in vielen Brauereien die Stellhefe bisher aus mehreren Arten bestanden hatte und daß letztere gemeinschaftlich dem Biere seinen Charakter gegeben hatten. Durch die plötzliche Ver-

wendung einer einzelnen Art würde sich der Charakter des Bieres auf einmal in allzu hohem Grade ändern, und die Brauerei würde vielleicht aus dieser Ursache Schwierigkeiten mit der Kundschaft bekommen. Er bespricht deshalb die Möglichkeit, zwei Hefenarten zu verwenden, und zwar die eine für die Hauptgärung, die andere für die Nachgärung. 5 Wenn man am Anfange der Hauptgärung eine Mischung von zwei oder mehreren Arten in Anwendung bringt, muß man sich wohl erinnern, daß das ursprüngliche Verhältnis zwischen diesen Arten niemals reguliert werden kann, indem es schon nach einer einzelnen Gärung mehr oder weniger verändert sein wird. Deshalb hat HANSEN immer hervorgehoben, 10 nur eine Art, als das einfachste und sicherste Verfahren, überall dort, wo dies möglich ist, zu benutzen. Diese Voraussetzung hat sich in den Untergärungsbrauereien der ganzen Welt als zutreffend erwiesen, und auch in den Obergärungsbrauereien auf dem Festlande und, nebenbei bemerkt, außerdem in den Spiritus- und Hefenfabriken und in der Wein- 15 bereitung.

Gegen die Anwendung der Reinhefe wurde auch noch der Einwand erhoben, daß sie, wenn sie der von den offenen Kühlschiffen kommenden Würze zugesetzt wurde, sofort wieder verunreinigt werde, und daß die Reinzucht deshalb von keinem Nutzen sei. Es ist zwar 20 richtig, daß die Reinhefe sofort etwas inficiert wird; jedoch wird sie dadurch nicht unbrauchbar. Die große Menge von reiner und kräftiger Kulturhefe wird immer die Minderzahl von mehr oder weniger abgeschwächten fremden Keimen, welche auf den Kühlschiffen in die Würze geraten sind, unterdrücken. Die kleine Infektion ist deshalb in der 25 Regel ohne Bedeutung für die Praxis. Selbst zu jener Zeit, als Gamle Carlsberg noch die offenen Kühlschiffe benutzte, hat man dieselbe Reinhefe durch 6—8 Monate ohne Erneuerung gebrauchen können. Es liegt jedoch in der Anwendung der offenen Kühlschiffe immer eine Gefahr. Die Einführung der Reinhefe hat deshalb den Anstoß dazu gegeben, daß 30 in den letzteren Jahren geschlossene Lüftungs- und Kühlapparate verschiedener Konstruktionen schon in recht vielen Brauereien verwendet werden (s. § 32 d. 6. Kap.).

Man hat auch behaupten wollen, daß es unnütz sei, eine Art oder Rasse mit besonderen Eigenschaften auszuwählen, da letztere im Betriebe 35 sich wegen der Neigung der Hefe zur Variation ändern werde. Die Neigung findet sich bei allen Organismen, und somit auch bei der Hefe, sowohl bei der reinen als bei der unreinen. Es ist aber einleuchtend, daß die Summe der Variationen eine größere wird, wenn mehrere Arten gleichzeitig zugegen sind; deshalb wird die unreine Hefe 40 leichter in ihrer Wirkung wechseln als die reine, die nur aus einer Art besteht. Uebrigens liegt die Ursache der Variationen so gut wie immer in geänderten Betriebsverhältnissen; es hat sich aber gezeigt, daß die Variation unserer Kulturhefen im Betriebe uns zu solch großer Besorgnis, wie sie die Gegner zu hegen scheinen, keine Veranlassung geben kann. 45 Diese Variation ist nicht größer als diejenige, welche beim Gersten- und Hopfenbau stattfindet. Auch in diesem Punkte hat die Reinhefe die Feuerprobe der Praxis glänzend bestanden.

Man hat endlich als einen Einwand anführen wollen, daß die Anwendung der reinen Hefe eigentlich überflüssig sei. Seit so vielen 50 Jahren sei es gut mit der alten Hefe gegangen, und der Geschmack des mit der neuen, reinen Hefe vergorenen Bieres sei nicht besser als der Geschmack des mit der alten Hefe vergorenen Bieres. Weshalb denn

eine Aenderung vornehmen? Die Antwort darauf geht dahin, daß man durch die neue Methode Sicherheit und einen rationellen Betrieb gewinnt. Das ist das Neue, welches die Reinhefe mit sich bringt. Es ist ein großes Mißverständnis, wenn man glaubt, daß sie ein 5 besseres Produkt geben sollte als dasjenige, welches der Brauer im glücklichsten Falle mit seiner alten unreinen Hefe erhalten kann. Wenn die reine Hefe richtig gewählt ist, gibt auch sie ihm dies und gibt es zudem, im Gegensatze zu der unreinen Hefe, immer und solange sie nur irgend unter denselben Verhältnissen gehalten wird.

10 § 22. Uebersicht über die Anwendung des Reinzuchtsystems in der Unter- und Obergärung der Brauereien in den verschiedenen Ländern.

Die Umschau über die Anwendung des Reinzuchtsystems in den verschiedenen Zweigen der Brauerei, dann über die Unterschiede, welche 15 in der Anwendung des Systems durch besondere Arbeitsmethoden bedingt sind, beginnen wir in **Dänemark**, als demjenigen Lande, in welchem dieses System zuerst in der Untergärung eingeführt worden ist. Der erste Brauer, welcher die neue Reform aufnahm, war J. C. Jacobsen, der berühmte Gründer von Gamle Alt-Carlsberg in 20 Kopenhagen. Das System begegnete hier wohl sofort demselben Widerstand, welcher ihm später auch eine Zeitlang von anderer Seite entgegengesetzt wurde. Jacobsen war der Anschauung, daß eine Reinkultur in dem strengen Sinne Hansen's nicht die notwendige Nachgärung durchführen könnte, sondern daß hierzu außer Kulturhefe auch wilde Hefen- 25 arten erforderlich seien. Diese Auffassung hatte zum Teil ihren Ursprung in gewissen Auslassungen in den Arbeiten Pasteur's. Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, war Hansen darauf aufmerksam, daß das Reinzuchtsystem auch mit Vorteil zur Herstellung einer aus mehreren Arten und Rassen bestehenden Stellhefe benutzt werden konnte, wenn 30 man eine solche Mischhefe wünschen möchte; gleichzeitig aber hebt er besonders die Bedeutung hervor, welche das Reinzuchtsystem hat, wenn es in seiner einfachen, am meisten exakten Gestalt, nämlich mit einer einzigen Art oder Rasse, angewendet wird, und es gelang ihm auch, Jacobsen zu überzeugen, daß dies die beste Form seiner Anwendung in 35 der Fabrikation untergäriger Biere ist. Im Jahre 1883 wurde in Alt-Carlsberg, wie schon erwähnt, zum ersten Male eine Stellhefe benutzt, die aus einer von Hansen ausgewählten und reingezüchteten Rasse bestand. Das damit erzeugte Bier geriet vortrefflich. Es hatte einen reineren und milderen Geschmack als das früher mit der gewöhnlichen, 40 unreinen Hefe hergestellte Bier. Da Jacobsen besorgte, daß der Kundschaft diese plötzliche Aenderung des Geschmackes mißfallen würde, mischte er die zwei Biersorten; nach und nach wurde die Menge des neuen Bieres in der Mischung mehr und mehr vergrößert, so daß die Kundschaft stufenweise daran gewöhnt wurde, bis sie zuletzt ausschließ- 45 lich das mit der reinen Hefe hergestellte Bier bekam. Es dauerte nicht lange, und die anderen dänischen Brauereien folgten dem Beispiele Alt-Carlsbergs, als sie das gute Resultat sahen, welches diese Brauerei bekommen hatte. Der Nächste war der Besitzer von Ny-(Neu-)Carlsberg, Carl Jacobsen. Auch in dessen Betrieb führte Hansen persönlich seine 50 Reinzuchtreform ein. Als er im Jahre 1885 in Verein mit dem Direktor

von Alt-Carlsberg, Kühle, den großen Reinzuchtapparat (s. S. 87) konstruierte, war die Anwendung des Systems vollständig im fabrikmäßigen Gang mit großer Massenproduktion gekommen.

Das Land, welches unmittelbar nach Dänemark folgte, war **Deutschland.** Der erste, welcher hier in der Literatur als Vorkämpfer für Hansen's Reform auftrat, war Carl Lintner (1), der Direktor der königl. bayr. Zentralschule in Weihenstephan. Die „Wissenschaftliche Station für Brauerei in München" wurde von Anfang an der Mittelpunkt für die Verbreitung des Systems in den Untergärungsbrauereien in Deutschland und dem großen Auslande. Da dieses berühmte internationale Institut sofort das System aufnahm, war damit der Sieg sicher. Wie eine gewaltige Welle ging die Bewegung über die Länder hin; hie und da sträubten sich dagegen noch einige, welche sich nicht von den alten Ideen losreißen konnten. Ihre Anzahl wurde indessen immer kleiner und kleiner und ist jetzt zu einem unbedeutenden Häuflein zusammengeschrumpft. Das Reinzuchtsystem findet sich jetzt in den Untergärungsbrauereien auf der ganzen Erde verbreitet.

Weil die Untergärung in ihren großen Zügen überall in derselben Weise durchgeführt wird, war das System auch überall in jener Gestalt zu brauchen, in welcher Hansen selbst es für die Praxis ausgearbeitet hatte. Die verschiedenen Laboratorien haben selbstverständlich im Laufe der Jahre in mehrerlei Hinsicht jedes seine eigenartige Technik entwickelt; dies gilt besonders von der Station in Berlin. Die Herstellung ausgewählter, reiner Hefenarten ist nunmehr mit keinerlei Schwierigkeit verbunden, und die Methoden sind jetzt jedem tüchtigen Gärungstechniker bekannt.

Die erste Kulturhefe, welche Hansen in die Praxis einführte, war die unter dem Namen *Carlsberg Unterhefe Nr. 1* allgemein bekannte Hefe (s. Bd. IV, S. 11, Fig. 8); kurze Zeit danach führte er in den Carlsberg-Brauereien eine andere Unterhefenart ein, und zwar mit niedrigerer Vergärung, besserer Kräusenbildung und besserer Klärung, nämlich *Carlsberg Unterhefe Nr. 2.* Mit demselben Namen wurden indessen auch ein paar andere Arten belegt, mit welchen er in den nächstfolgenden Jahren in denselben Brauereien arbeitete. Die verschiedenen Laboratorien haben im Laufe der Zeit eine große Anzahl von Arten und Rassen reingezüchtet; mehrere derselben kommen aber in den Laboratorien unter verschiedenen Namen (bzw. Nummern) vor, obwohl sie identisch sind. Einigermaßen ausführliche Beschreibungen sind nur sehr wenige veröffentlicht worden, so besonders von München durch H. Will und von Berlin durch P. Lindner von einer Reihe von Arten und Rassen von Kulturhefen, welche in den deutschen Brauereien vortreffliche Resultate ergeben haben.

Wir werden jetzt die Verhältnisse in der **Obergärung** besprechen. Eine der allerersten von Hansen reingezüchteten Hefenarten war eine Bieroberhefe (s. Bd. IV, S. 5—6); er stellte jedoch mit ihr keine Versuche in der Praxis an. So gebührt denn Alfr. Jörgensen (1) das Verdienst, die ersten Versuche mit dem neuen System in der Obergärung gemacht zu haben. Im Jahre 1885 teilte er mit, daß er in den Monaten Juni, Juli und August desselben Jahres seine ersten Versuche in einer dänischen Obergärungsbrauerei angestellt und gute Resultate erhalten habe. Das dänische obergärige Bier ist alkoholarmes Bier und wird Hvidtöl (Weißbier) genannt, ohne jedoch seinem deutschen Namensvetter ähnlich zu sein. Die Erfahrung hat uns gelehrt, daß die Ober-

hefe in der Regel viel leichter infiziert wird als die Unterhefe. Es war deshalb eine besondere Veranlassung, das Reinzuchtsystem auf diesem Gebiete einzuführen. Es zeigte sich sofort, daß die Anwendung der reinen Hefe in der Obergärung einige Schwierigkeiten bot, welche je-5 doch nach und nach überwunden wurden, und daß das Verfahren übrigens hier im wesentlichen dasselbe werden mußte wie in der Untergärung. Jörgensen teilt mit, daß bei gewissen Gelegenheiten eine spezielle Lüftung der Würze notwendig sei, um ein gutes Resultat zu erreichen; das war aber auch das Ganze. (Heutzutage wird keine spezielle 10 Lüftung bei der Anwendung der Reinhefe in den dänischen Obergärungsbrauereien mehr unternommen.) Im Laufe der darauf folgenden Jahre nahmen dann mehrere der Obergärungsbrauereien Dänemarks das System auf, und jetzt ist die Anwendung daselbst eine allgemeine.

Erst später faßte das System auch in den deutschen Ober-15 gärungsbrauereien festen Fuß. Schönfeld (1) gebührt besonders die Anerkennung hierfür. Seine Resultate gehen dahin, daß eine Reinkultur von Oberhefe sich vorzüglich zur Herstellung schwach vergorener Biere eignet, was ja die allermeisten in Deutschland ebenso wie in Dänemark hergestellten obergärigen Biersorten sind, und er empfiehlt den Brauern 20 eindringend, die Reinhefe zu verwenden. Speziell die Einfachbiere sind sehr empfindlich gegen eine Bakterienvegetation, und große Mißerfolge werden leicht eintreten können, wenn die Hefe in ihrem unreinen, bakterienhaltigen Zustande benutzt wird. Auch wesentlich als eine Folge der Arbeiten Schönfeld's (2) ist in der neuesten Zeit das Rein-25 zuchtsystem in den Weißbierbrauereien aufgenommen worden. Hier machen sich indessen ganz spezielle Verhältnisse geltend. Man kann nicht Weißbier herstellen, ohne daß eine gewisse Menge Milchsäure zugegen ist. Diese aber wird von Bakterien erzeugt, und es hat sich deshalb als notwendig erwiesen, eine Stellhefe anzuwenden, die außer 30 der reingezüchteten, ausgewählten Hefenrasse zugleich eine gewisse Menge Milchsäurebakterien enthält; auch letztere müssen aus einer für Weißbier passenden, ausgewählten Art oder Rasse bestehen. Man hat also in diesem Zweige der Gärungsgewerbe nicht von der Anwendung einer Mischhefe absehen können; es handelt sich aber hier 35 nicht um zwei Hefenarten, sondern um eine Hefenart und eine Bakterienart. Näheres darüber ist auf Seite 138 zu finden.

In Holland wurde verhältnismäßig schnell das System in der Obergärung eingeführt. Der Anfang wurde hier von Alfr. Jörgensen gemacht.

40 In Frankreich herrschte über Hansen's reformatorische Arbeiten am Anfange vollständiges Schweigen. Versuche wurden in den Brauereien nicht angestellt; keiner trat für, keiner gegen das Reinzuchtsystem auf. Als dann einige Jahre verflossen waren und seine Arbeiten Anerkennung in anderen Ländern zu gewinnen angefangen hatten, erhoben sich aber 45 die Angriffe. Mehrere der französischen Autoritäten behaupteten, daß das System ein vollständiger Mißgriff sei. Es komme gerade darauf an, sagte man, daß die Brauereihefe aus mehreren Arten bestehe: das sei notwendig, um einen guten Geschmack und Geruch und eine Nachgärung zu bekommen. Alles dies würde man erreichen, wurde ferner behauptet, wenn 50 man in der Weise verfahre, wie dies Pasteur angegeben hatte, nämlich wenn die Hefe mit Hilfe von Weinsäure oder Karbolsäure gereinigt würde. Diese Angriffe riefen diejenigen Untersuchungen Hansen's hervor, durch welche er, wie auf Seite 76 bemerkt ist, zeigte, daß die

genannte Methode zur Reinigung der Brauereihefe im Gegenteil unbrauchbar ist, indem sie nämlich die Entwicklung der Krankheitshefen begünstigt. Die Angriffe waren gegen die Anwendung des HANSEN'schen Reinzuchtsystems sowohl in der Untergärung als in der Obergärung gerichtet. Der Kampf, welchen das neue System in Frankreich führen 5 mußte, ist in mehrerlei Hinsicht lehrreich. Diejenigen, welche sich dafür interessieren, seien auf die von J. CHR. HOLM (1) gegebene Darstellung verwiesen. Das Reinzuchtsystem wurde jedoch trotz der Angriffe nach und nach sowohl in mehreren Obergärungs- als auch in Untergärungsbrauereien in Frankreich eingeführt und zwar mit gutem Resultate. 10 Dasselbe gilt auch von **Belgien**; in keinem der zwei Länder ist es jedoch bis jetzt allgemein verbreitet.

Ein ganz besonderes Schicksal hat das Reinzuchtsystem in **England** gehabt. Wie bekannt, wird hier so gut wie überall Obergärung angewendet, und die Weise, auf welche die Gärung vor sich geht, ist 15 eine ganz besondere. Es war ganz natürlich, daß HANSEN's Reform ein lebhaftes Interesse in diesem alten Bierlande erregte. Man fing aber nur mit Diskussionen an und machte lange keine Versuche. Die ersten, welche solche anstellten, waren H. T. BROWN und H. MORRIS, und zwar in Worthington's Brauerei in Burton-on-Trent. Beide heben aber hervor, 20 daß sie kein entscheidendes Resultat bekamen. Man hielt in England an der Anschauung fest, daß eine einzelne Art nicht die ganze Gärung, also auch die Nachgärung, durchzuführen imstande sei. Daß diese Meinung in betreff des untergärigen Lagerbieres ganz unrichtig war, haben wir schon gesehen: hieraus konnte man aber selbstverständlich 25 keinen Schluß auf die englische Obergärung ziehen. Nachdem HANSEN im Jahre 1889 in England Vorträge über sein System gehalten hatte, fingen mehrere Brauereien an, mit Einzellhefe zu experimentieren; sie gaben es aber nach kürzerer oder längerer Zeit wieder auf. Es fanden sich auch etliche, welche ab und zu in den Diskussionen sich zugunsten 30 der Einzell-Kultur aussprachen.

In seiner Mitteilung aus dem Jahre 1900 spricht HANSEN (8) sich wieder über diese Frage aus, und hebt stark hervor, daß die bisher angestellten Versuche weder nach der einen noch nach der anderen Seite hin entscheidend seien. Die englischen Brauer konnten nicht den ge- 35 wöhnlichen Geschmack in ihrem Biere erhalten und das Bier bekam nicht die gewünschte Nachgärung (condition). Es war dies die Veranlassung dazu, daß H. VAN LAER (1) mit seiner „Mischhefe“ auftrat. Nach seinem Vorschlage wäre eine aus zwei *Saccharomyces*-Arten bestehende Stellhefe anzuwenden, von welchen die eine die Hauptgärung, 40 die andere die Nachgärung durchführen sollte. Für dessen Richtigkeit ist niemals ein positiver Beweis gegeben worden, und es ist dies auch, wie aus dem Nachfolgenden ersichtlich ist, eine ebenso unrichtige Annahme wie diejenige, daß für die Herstellung typischer englischer obergäriger Biersorten (stock beers) eine einzelne Hefenart hinreiche. 45

ALFR. JÖRGENSEN (2) hat, seitdem er im Jahre 1894 seine Veröffentlichungen in der letztbezeichneten Richtung hin begann, zu verschiedenen Zeiten immer wieder und wieder Mitteilungen darüber gemacht, wie er aus englischer Oberhefe mehrere Rassen isoliert habe, welche die ganze Gärung und zwar mit bestem Erfolge durchgeführt 50 hätten. Dies wiederholt er (3) auch im Jahre 1903 in seiner letzten Mitteilung, welche er gemeinsam mit W. A. RILEY veröffentlichte. In dieser berichtet RILEY über einige Versuche, welche er in einer Brauerei

in Norwich angestellt hat; er teilt aber nicht mit, welche Biersorte er mit Einzellhefe hergestellt hat, und namentlich sieht man nicht, ob es gelagerte Biersorten (stock beers) sind. Er hat aber später in einem Anhange an die unten genannte Abhandlung von Hj. Claussen (1) mitgeteilt, daß er für stock beers nicht die gewünschte „condition" mit Einzellhefe erhalten konnte, und er stimmt also in Wirklichkeit mit Jörgensen nicht überein, welcher immer behauptet, daß es entschieden sei, daß die Einzellhefe auch für die starken, gelagerten englischen Biersorten ebenso wie für die leichteren Biersorten, die sogen. running beers, paßt. Wenn von anderer Seite in England behauptet wurde, daß das Reinzuchtsystem mit Einzellhefe sich nicht hier anwenden läßt, so hatte Jörgensen geantwortet, daß die Gründe hierfür nichts mit der Einzellhefe als solcher zu tun haben; Schuld daran, vermutet er, könne eine schlechte Vermehrungsweise dieser Hefe in den Brauereien oder der Umstand sein, daß die Hefe infolge der Erschütterung, welcher sie möglicherweise in den Kolben im Laboratorium ausgesetzt war, degeneriert sei. Von Beweisführung und Versuchen, welche die Streitfrage aufklären konnten, war also noch immer keine Rede.

Der durch so viele Jahre geführte unfruchtbare Streit hat aber jetzt seine Beendigung durch die Untersuchungen von Hj. Claussen (1) gefunden. Letzterer hat dargetan, daß die Gegner Jörgensen's recht gehabt haben. Die Mitteilungen Jörgensen's in betreff der stock beers sind vollständig unrichtig. Gemeinsam ist den obergärigen typischen englischen Biersorten ein eigenartiger Geschmack und Geruch, welcher im Biere vom Festlande, vielleicht mit Ausnahme des Lambic und ähnlicher belgischer Biersorten, nicht enthalten ist, und zugleich ein sehr starker, feinblasiger Schaum. Bei der Untersuchung verschiedener englischer Biersorten gelang es Claussen, eine *Torula* abzuscheiden, welche imstande ist, den eigenartigen englischen Geschmack und Geruch im Biere hervorzurufen und diesem die gewünschte „condition" zu verleihen. In den von ihm in Neu-Carlsberg im Betriebe selbst angestellten Versuchen ließ er die Hauptgärung mit Hilfe einer reingezüchteten englischen Oberhefe vor sich gehen, und die Nachgärung wurde mittelst einer Reinkultur der isolierten *Torula*, welche er *Brettanomyces* genannt hat, bewerkstelligt. Die „sekundäre Hefe" existiert also in der Wirklichkeit; sie ist aber nicht, wie von einigen bisher angenommen wurde, ein *Saccharomyces* sondern eine *Torula*. Das Ergebnis von Hj. Claussen's Versuchen war ein vortreffliches englisches Bier. Jetzt erst also war die Frage gelöst: Das Reinzuchtsystem Hansen's kann in der englischen Obergärung zwar angewendet werden, aber nicht in derselben Gestalt wie in den Untergärungsbrauereien, wo eine einzelne Art die ganze Gärung vollendet, sondern es muß hier ein *Saccharomyces* für die Hauptgärung und eine *Torula* (*Brettanomyces*) für die Nachgärung benutzt werden.

Man wird aus dem Vorhergehenden einen kurzen Ueberblick über die Verbreitung des Reinzuchtsystems in der Bierfabrikation und über die verschiedenen Weisen, auf welche es als Folge der Verschiedenheiten der Fabrikationsmethoden angewendet wird, erhalten haben.

Im Jahre 1892 gab Hansen (12) eine Uebersicht über diejenigen Brauereien, welche nach seinem Wissen stetig Reinzuchtapparate verwandten. Dieses Verzeichnis gab jedoch nur einen sehr unvollständigen Begriff von der Verbreitung des Systems, da es selbstverständlich schon damals eine sehr große Anzahl von Brauereien gab, welche ihre reine Hefe entweder von anderen Brauereien, die selbst einen Apparat hatten,

oder auch von den Stationen erhielten, und wo also faktisch das System auch benutzt wurde. Alle diese Brauereien zu nennen war unmöglich. Es finden sich gewiß jetzt in den Ländern, in denen die Untergärung vorherrschend ist, nur äußerst wenige Brauer, welche noch nicht den Segen des Reinzuchtsystems entdeckt haben. Und es wird gewiß nicht lange dauern, bis auch England das System aufnehmen wird, weil ja die Bahn jetzt frei ist; auch in der mehr komplicierten Gestalt, in welcher es in der englischen Obergärung angewendet werden muß, ist es ein großer Fortschritt.

§ 23. Der Hefenreinzucht-Apparat von Hansen und Kühle.

Soll die Einführung von reingezüchteter Hefe in den Brauereibetrieb sicheren Erfolg verbürgen, so ist, abgesehen von allen jenen Anforderungen, die man an eine Reinhefe stellt, stets noch die Bedingung zu erfüllen, daß eine genügend große Hefenmenge als Stellhefe zur Verfügung stehe. Es ist ja einleuchtend, daß nur eine kräftige Reinhefe in genügender Menge die Gärung kräftig einzuleiten und den in der nicht sterilen Betriebswürze vorhandenen schädlichen Mikroorganismen entgegenzutreten imstande sein wird.

Wenn wir von der kaum 1 g Hefe liefernden Laboratoriumskultur ausgehen, deren Herstellung wir im § 24 des IV. Bandes kennen gelernt haben, so ergibt sich für die heutige Art des Betriebes eine Reihe von Arbeiten, bis wir zu praktisch verwendbaren Hefenmengen gelangen.

Ein Teil dieser Arbeiten verläuft noch im Laboratorium selbst, wie das Auffrischen, das „Regenerieren" der aufbewahrten Reinhefe und das Vermehren im Pasteur-Kölbchen sowie in den größeren Carlsberg-Gefäßen (s. S. 78); ein Teil aber, die Vermehrung dieser Hefe bis zu einer für das Anstellen im Gärkeller ausreichenden Menge, erfolgt in eigenen Hefenreinzucht-Anlagen, welche mit dem Großbetriebe selbst im Zusammenhange stehen.

Solche Hefenreinzucht-Anlagen, die sich heute in zahlreichen Abarten fast in jeder großen untergärigen Bierbrauerei vorfinden, müssen auf Grund folgender Prinzipien aufgebaut sein: 1. Die zur Einführung gelangende Hefe muß eine absolute Reinkultur darstellen. 2. Die Konstruktion der Anlage muß ein steriles Arbeiten gewährleisten. 3. Die Anlage muß im kontinuierlichen Betriebe erhalten werden können. 4. Die Apparate müssen periodisch eine ausreichende Menge von Hefe liefern.

Von diesen Gesichtspunkten aus können verschiedene Vorrichtungen, welche noch vor dem HANSEN-KÜHLE'schen Propagierungsapparat zur Vermehrung von Reinhefe dienten, nicht als Hefenreinzucht-Anlagen anerkannt werden.

Im nachfolgenden sollen nun alle jene Systeme von Hefenreinzucht-Apparaten, welche eine praktische Bedeutung für die Brauerei erlangten oder sonst Interessantes bieten, besprochen werden, soweit dies dem Rahmen eines Handbuches der technischen Mykologie entspricht.

Gleichsam als Vorläufer der Hefenreinzucht-Apparate haben wir jene Gefäße anzusehen, welche große Pasteur-Kolben darstellen. So gebrauchte ELION (1) Glaskolben von 75 l Inhalt, welche mit je 50 l Würze gefüllt waren! Wegen der Gebrechlichkeit dieser Glaskolben ging man rasch zu Metallgefäßen (verzinntes Kupfer) über, und es entwickelte sich

bald aus dem Pasteur'schen Kupferkolben, welchen wir bei A. Klöcker (1) beschrieben und abgebildet finden, das bereits auf S. 78 erwähnte Carlsberg-Gefäß, über dessen Behandlung und Sterilisieren bei E. Chr. Hansen (11) nachzulesen ist. E. Prior (1) hat dieses Gefäß durch eine 5 selbsttätig wirkende Lüftungseinrichtung wesentlich verbessert (s. *Fig. 4*). Das Schwanenhals-Rohr dieses Kolbens besitzt eine Abzweigung *v*, welche in *h* einmündet, so daß bei geschlossenem Quetscher *z* die Außenluft durch die Würze hindurch- 10 streicht, sobald nach dem Sterilisieren beim Abkühlen über der Würze ein Vakuum entsteht. Auch P. Lindner (1) hat beim Carlsberg-Kolben eine Lüftungsvorrichtung, welche durch Druckluft betätigt wird, ange- 15 bracht. Alle diese Gefäße, welche noch heute vielfach zur Vermehrung von Reinhefe verwendet werden, können aber nicht als Reinzucht-Apparate angesehen werden, weil sie einer der wichtigsten, oben aufge- 20 stellten Bedingungen nicht entsprechen: sie gestatten keinen kontinuierlichen Betrieb.

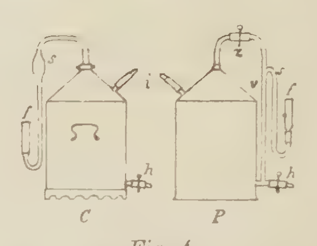


Fig. 4.
Vermehrungsgefäße für Reinhefe.
C Carlsberg-Gefäß.
P mit der Lüftungseinrichtung nach Prior.
i Impfröhrchen, *h* Rohr zur Entnahme der Hefe, *s* Auspuffrohr für Kohlensäure mit Filter *f*, *v* Lüftungsrohr, *z* Quetschhahn. — Auf ungefähr ein Fünfundzwanzigstel der nat. Größe verkleinert.

Wenn wir uns jetzt der Besprechung der Hefenreinzucht-Anlagen selbst zuwenden, so müssen wir unter Hinweis auf 25 die zahlreichen „Systeme“ solcher Apparate hervorheben, daß diese Abarten teils wohl durch lokale Bedürfnisse oder besondere Liebhaberei entstanden, teils aber in der Art der Reinhefen-Vermehrung bzw. Fortführung im Betriebe begründet sind.

Es gibt nämlich zwei voneinander grundsätzlich verschiedene Arten 30 der Anwendung von reingezüchteter Hefe, oder sagen wir besser von „Apparathefe“: in dem einen Falle wird nur die Bodensatzhefe nach verlaufener Gärung und Klärung dem Apparate entnommen und im Betriebe einer entsprechenden Würzemenge zugesetzt; im anderen Falle aber wird mit der dem Apparate in kräftigster Gärung ent- 35 nommenen, mit Würze gemengten Hefe, dem sogen. Kräusenbier oder kurzweg den Kräusen, im Gärkeller angestellt. Da Kräusen kräftigere Hefe enthalten als Bodensatzhefe (man kann sagen, die Kräusen sind 3—4 mal so kräftig als Satzhefe), so reicht die Apparathefe im Kräusenstadium für bedeutend größere Würzemengen aus als die Bodensatzhefe. Gerade 40 also von der Art der weiteren Vermehrung der Apparathefe im Gärkeller hängt die Größe und Konstruktion der Reinzuchtapparate ab.

Im Prinzipe besteht jede Hefenreinzucht-Anlage aus drei Teilen, die in verschiedener Weise kombiniert sein können; zu mindest müssen aber 45 zwei Gefäße vorhanden sein, um den früher aufgestellten vier Bedingungen gerecht werden zu können. Diese Teile sind: 1. Der Würzezylinder, Sterilisierzylinder oder Sterilisator, in welchem die Bierwürze gelüftet und gekühlt, und, wenn sie nicht steril war, zuvor durch Erhitzen keimfrei gemacht wird. 2. Der Anstellzylinder, Hefenkolben, 50 Mutterhefengefäß, in welchem die sterile Bierwürze das erstemal mit der Laboratoriums-Reinkultur versetzt, geimpft, angestellt wird, und in welchem bei jeder Entnahme von Apparathefe eine kleine Menge von Reinhefe zum Anstellen der nächsten Gärung im Apparate zurückbehalten

wird. 3. Der Gärzylinder oder Propagator, in welchem die Gärung verläuft und welcher in bestimmten Zeiträumen Hefe für den Gärkellerbetrieb liefert.

Es wären daher ideal drei Apparate für eine Anlage notwendig, doch sind bei den meisten Systemen die Fähigkeiten zweier Teile in 5 einem Apparate kombiniert, so daß man fast stets mit zwei Gefäßen das Auslangen findet.

Zum Betriebe jeder Hefenreinzucht-Anlage sind notwendig: 1. Dampf zum Sterilisieren der Bierwürze, der Apparate und Leitungen. 2. Druckluft zum Lüften der Würze und zum Füllen und Entleeren der Apparate. 10 3. Wasser zum Kühlen. Dies alles liefert der Brauereibetrieb selbst, so daß es nur in Ausnahmsfällen nötig ist, die Reinzuchtanlage durch eine Luftpumpe u. dgl. zu vervollständigen.

Die älteste und weitest verbreitete Hefenreinzucht-Anlage ist der von E. Chr. Hansen in Verbindung mit dem Brauereidirektor Kühle in 15 Alt-Carlsberg bei Kopenhagen im Jahre 1885 konstruierte Reinzuchtapparat, über welchen Hansen (9) zuerst im Jahre 1887 eine kurze Mitteilung machte und später eine ausführliche Beschreibung (10) veröffentlichte. Dieser Apparat, nach wohldurchdachtem Plane unter Berücksichtigung aller theoretischen und praktischen Momente konstruiert und 20 in technisch vollendeter Weise ausgeführt, ist das Vorbild aller folgenden Systeme geworden, welche häufig kaum als Verbesserungen angesehen werden können.

Der Reinzuchtapparat nach Hansen-Kühle (s. *Fig. 5*) besteht aus zwei Gefäßen von gleicher Größe, einem Würzezylinder und einem 25 Gärzylinder, und ist für die Abgabe von Bodensatzhefe berechnet.

Der Würzezylinder *S* muß meist durch Einfügung einer Dampfschlange oder durch einen Dampfmantel als Sterilisator eingerichtet werden. In Brauereien, wo (wie in Alt-Carlsberg) die Bierwürze kochendheiß direkt vom Sudhause in den Apparat strömen kann, entfällt die 30 Notwendigkeit des Sterilisierens, weil diese Würze ja vollkommen keimfrei ist; sie braucht nur gelüftet und gekühlt zu werden. Kann die Würze aber, entweder wegen zu großer Entfernung oder aus anderen Gründen (wie seinerzeit in Oesterreich-Ungarn wegen der finanzamtlichen Kontrolle), nur abgekühlt und also schon infiziert bezogen werden, 35 so muß sie unbedingt nochmals gekocht, sterilisiert werden. Der **Würzezylinder** oder **Sterilisator** ist ein kupferner, innen verzinnter, ca. 300 l fassender Zylinder mit flachem oder gewölbtem Boden und einem mittelst Flanschen gut aufgedichteten Deckel. Die Höhe beträgt rund 120 cm, der Durchmesser 60 cm. Seine Armatur ist sehr einfach. Ein weiter 40 Hahn *a* dient als Würzeeinlaß; er ist entweder direkt mit der Bierwürzeleitung vom Sudhause oder mit einem besonderen Gefäße verbunden, in welchem die Bierwürze vorgemessen wird. Der Probehahn *b* zeigt die normale Füllung des Sterilisators an. Durch *c* wird die Würze in den Gärzylinder abgelassen; um das Geläger zurückzuhalten, mündet er etwas 45 über dem Boden, während durch *c'* der Sterilisator ganz entleert werden kann. Die Lüftung erfolgt durch ein bis ungefähr in die Mitte des Sterilisators in die Würze tauchendes, am unteren Ende geschlossenes, fein gelochtes, enges Rohr, welches mit einem kleinen dichten Hahn *u* versehen und mit einem Luftfilter *f* verbunden ist, das an die Luft- 50 leitung anschließt. Dieses, sowie jedes an Reinzuchtapparaten angebrachte Luftfilter ist ein Messingrohr von 22 cm Länge und 3 cm innerem Durchmesser, am oberen Ende mit abschraubbarem Deckel, welches mit

35—50 g Baumwolle gestopft und vor dem Gebrauche bei 150° C durch 2 Stunden sterilisiert wird. Meist teilt man unterhalb des Filters die Luftleitung in zwei Aeste, jeder durch ein eigenes Hähnchen verschließbar: der eine in die Würze führend, der zweite im Deckel mündend, so daß die Luft auch, ohne durch die Würze zu gehen, auf die Oberfläche direkt wirken kann. Das Kühlwasser überströmt in einfachster Form die Außenwand des Würzezylinders, aus einem ringförmig um den Zylinder gelegten Rohre durch feine Löcher an der Innenseite ausfließend, und wird in einer flachen Schale, in welcher der Zylinder steht, aufgefangen. Ist zum Sterilisieren ein Dampfmantel oder eine Heizschlange vorhanden, so können diese auch zum Kühlen verwendet werden, doch ist zu bemerken, daß die Kühlung durch die Schlange nur sehr langsam vor sich geht und daher stets ein leichter Kühlmantel (s. *Fig.* 5) oder der Kühlring mitverwendet wird. Bezüglich der Heizschlange, wie sie von den Fabrikanten Jensen in Kopenhagen oder Baumann in Wien an den Hansen-Kühle-Apparaten angebracht wird, ist aufmerksam zu machen, daß die unterste Windung möglichst nahe dem Boden des Sterilisators liege, damit nicht eine zu große Würzepartie ungekocht oder ungenügend sterilisiert bleibt. Mittelst eines Dampfmantels, welcher höchstens bis zu zwei Dritteln der Höhe hinaufreichen müßte, erzielt man ein sichereres Sterilisieren. Vom Deckel geht noch, durch ein Hähnchen verschließbar, das Auspuffrohr *s* weg, dessen Ende in ein Gefäß mit Wasser taucht; dieses bildet keinen wirklichen Wasserverschluß, sondern soll nur die Luftbewegung aus dem Zylinder markieren. Ein Thermometer, eventuell auch ein Manometer vervollständigen die Armatur. Das letztere ist unbedingt dann notwendig, wenn der Sterilisator nicht viel höher aufgestellt ist als der Gärzylinder, weil dann die Würze aus dem Sterilisator in den Gärzylinder mittelst Druckluft hinübergepreßt wird; der Druck soll 0,5 at nicht übersteigen.

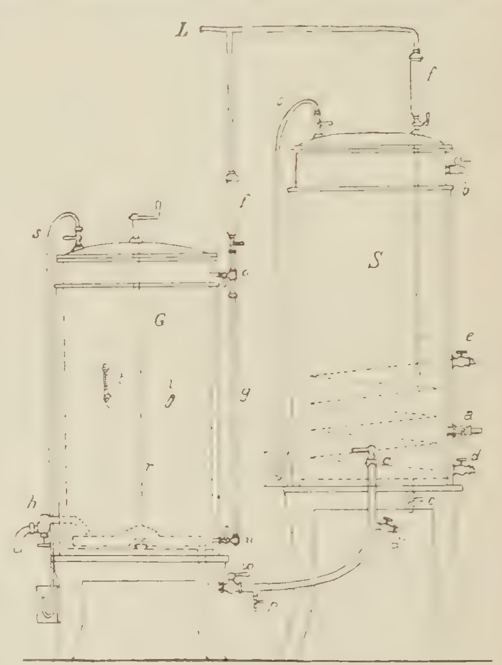


Fig. 5. Hefenreinzucht-Apparat nach Hansen und Kühle.
S Würzezylinder-Sterilisator. *G* Gärzylinder. *L* Luftleitung. *a* Würzeeinlauf, *b* Probehahn, *c* Würzeablaßhahn, *c'* Hähnchen für Waschwasser, *d d'* Dampfventile, *e* Dampfaustritt bzw. Kühlwassereintritt, *f* Luftfilter, *g* Glasrohr als Flüssigkeitsstandzeiger, *h* Hefenabzugshahn, *i* Impfröhrchen, *o* oberer Lüftungshahn, *p* Kondenswasserablaßhähnchen, *r* Rührwerk, *s* Auspuffrohr für Luft und Kohlensäure mit Wasserabschluß, *t* Thermometer, *u* unterer Lüftungshahn, *w* Würzehahn.

Vom Ablaßhahn *c* führt zum Würzehahn *w* des Gärzylinders ein möglichst kurzes Rohr für die Würze, welches außerdem noch zwei Hähne

besitzt, einen als Anschluß an die Dampfleitung d' (am besten mit Schlauch), den anderen p als Auspuff und zum Ablassen des Kondenswassers.

Der **Gärzylinder** G ist aus gleichem Material und in ähnlicher Gestalt wie der Sterilisator angefertigt; bei gleichem Durchmesser ist er etwas niedriger. Der Flanschendeckel, die Hähne etc. müssen vollkommen dicht schließen, da jede Undichtheit zur Infektion des Apparates Anlaß geben kann. Der Zylinder ist mit einem Kühlmantel, welcher über den höchsten Würzestand reichen soll, versehen. Er kann entfallen, wenn der Apparat an einem kühlen Orte aufgestellt ist; befindet er sich aber im Gärkeller selbst, so ist er mit einer Isolierung, z. B. Holzleisten wie in Alt-Carlsberg, zu versehen, damit die Temperatur nicht gar zu sehr sinke. Der Gärzylinder ist eigentlich einem Pasteur-Kolben nachgebildet: i ist das Impfröhrchen, welches hier und bei allen Züchtungsgefäßen dieser Art die gleiche Dimension besitzt, so daß der kleinste Kolben mit dem größten Gefäße direkt verbunden werden kann. Statt des gebrechlichen Glasstöpsels kann man einen Aluminiumstöpsel verwenden und verschließt überdies mit einem Quetschhahn. Nachdem das Impfröhrchen auch zur Entnahme von Proben für die Kontrolle des Apparates bestimmt ist, so leidet häufig der Gummischlauch durch das oftmalige Oeffnen und Schließen. Kickelhayn hat deshalb das Impfröhrchen mit einem sorgfältigst gearbeiteten, eigenartig konstruierten Hahn abgeschlossen, welcher vor und nach jeder Benutzung durch absoluten Alkohol steril gemacht werden kann. Neben dem Impfröhrchen befindet sich ein sackartiges Rohr, welches schief in das Innere geht und ein Thermometer aufnimmt. Zur Herstellung eines besseren Kontaktes füllt man etwas Glycerin hinein. Das Auspuffrohr s entspricht dem Schwanenhalsrohr des Pasteur-Kölbchens; es läßt Kohlensäure und Luft während der Gärung entweichen und taucht ebenfalls in ein Gefäß mit Wasser als Indikator. Die sterilisierte Würze tritt durch den Hahn w in den Zylinder, durch den derselbe auch vollständig entleert wird, während sonst Bier oder die Hefe durch den eigenartigen Hahn h entnommen wird. Der Hefenhahn h besitzt eine bogenförmige Verlängerung in das Innere, und auch außen kann ein Bogenstück angeschraubt werden, dessen Mündung tiefer steht als die des inneren Bogens; der Hahn wirkt daher wie ein Heber, das Rohr muß stets voll fließen und die Außenluft wird nicht durch den Hahn eindringen, woferne das Niveau nicht unter die innere Mündung sinkt. Ferner wirkt das Kegelventil des Hefenhahnes nach aufwärts, so daß etwaige Verunreinigungen, die von außen sich angesetzt haben könnten, durch die ausfließende Flüssigkeit fortgespült werden, eine Infektion auf diesem Wege daher so gut wie ausgeschlossen ist. Häufig sieht man diesen Hahn unrichtig montiert — mit dem Handrad nach aufwärts stehend — vielleicht durch die ungewohnte Stellung der Hahnspindel irritiert, da der Hahn eben beim Oeffnen nach abwärts, beim Schließen aufwärts geschraubt wird, während dies sonst umgekehrt ist. Also die scheinbar verkehrte Stellung ist beim Hefenhahn die richtige! Wird der Hahn nicht benutzt, so verschließt man die Mündung mit einem gut passenden Schraubendeckel.

Die Lüftungsvorrichtung ist an diesem Gärzylinder mit einem Flüssigkeitsstandrohr verbunden. Nahe am Boden und nahe dem oberen Rande gehen zwei horizontale Rohrstutzen ab, welche durch die Hähne u und o abgeschlossen sind, und die zwischen sich ein starkes, ca. 90 cm langes Glasrohr gut eingedichtet tragen, an welches sich oben die Luftleitung und das Luftfilter f anschließt. Gut ist es, unterhalb und ober-

halb des Filters noch je einen Hahn einzuschalten. Das Glasrohr versieht man mit Marken (nach HANSEN für 25, 50 und 170 l), indem man den Gärzylinder abaicht; es dient so als Würzestandzeiger, wenn *o* und *u* offen sind. Will man lüften, so schließt man den oberen Hahn, 5 worauf die Luft durch *u* eintritt und durch die Würze strömt: ist *u* geschlossen, so streicht die Luft durch *o* über die Würze weg und entführt bloß die Kohlensäure. Die Hähne *o* und *u* müssen sehr gut eingeschliffen sein. Sehr zweckmäßig bringt man in Verlängerung des unteren Endes des Würzestandrohres noch einen kleinen Hahn an, welcher 10 zum Ausdämpfen der Lüftungsvorrichtung verwendet wird, wenn während des Betriebes das Glasrohr zerbricht, daher durch ein neues ersetzt werden muß. Obwohl dieses Glasrohr wegen seiner Gebrechlichkeit und exponierter Lage recht bedenklich zu sein scheint, erfüllt es seinen Zweck als Würzestandzeiger doch in einfachster Weise, namentlich für 15 große Apparate, und es kann gesagt werden, daß ein Zerbrechen bei einiger Vorsicht nicht häufiger vorkommt als andere Beschädigungen an minder empfindlichen Teilen des Apparates.

Auf dem flachen oder schwach gewölbten Boden des Gärzylinders setzt sich die Hefe sehr fest ab, weshalb ein Rührwerk *r* mit Hand- 20 kurbel angebracht ist, dessen Flügel nahe am Boden ziehen, ohne zu schleifen. Der eine kann eine Kautschukplatte tragen, welche direkt am Boden und auch an der Wand streift, um die Hefe ganz fortzubekommen. Die Spindel von *r* muß in einer Stopfbüchse, die am besten mit schwach gefettetem Hanf gedichtet wird, laufen; auf diese Dichtung 25 ist stets besonders zu achten.

Die runden Glasfenster, welche hier und da am Gärzylinder angebracht werden und mit Gummiring und Schraubenmutter aufgedichtet sind, geben leicht zu Infektionen Anlaß und erfüllen doch nur ganz unvollkommen ihren Zweck, so daß sie am besten ganz wegbleiben.

30 Was die Aufstellung dieser und der Hefenreinzucht-Apparate im allgemeinen anbelangt, so stehen sie am besten in einem kühlen, luftigen und lichten Raume, dessen Pflaster dicht und glatt ist, dessen Wände glatt verputzt, mit Oelfarbenanstrich oder dgl. versehen sind, so daß peinliche Reinheit herrschen kann. Sterilisator und Gärzylinder befinden 35 sich am besten in demselben Raume. Wenn hier auch durch das Sterilisieren die Temperatur etwas erhöht wird, so ist dieser Uebelstand doch weniger groß als die Unbequemlichkeit der Arbeit, sobald der Sterilisierzylinder in einem anderen Lokale steht als der Gärzylinder.

Zu einer HANSEN-KÜHLE'schen Anlage gehört ein Würze- oder 40 Sterilisierzylinder und ein Gärzylinder; doch reicht für beliebig viele (sechs und noch mehr) Gärzylinder ein einziger Sterilisator aus, wie man dies in Großbrauereien häufig sieht.

Die normale Füllung des Gärzylinders der ersten HANSEN-KÜHLE'schen Anlage in Carlsberg betrug 170 l und danach wurden alle folgenden 45 Apparate für diese Füllung gearbeitet. Es unterliegt aber keinem Anstande, die Apparate größer zu bauen und die von ST. BAUMANN für Wiener Brauereien gelieferten haben eine Füllung von 400 l, ja die American Pure Yeast Co. in New-York hat Gärzylinder mit 900 l Fassung, zu welchen ein Sterilisator mit 21 hl Fassungsraum gehört. 50 Ueberhaupt werden in letzterer Zeit häufig Sterilisatoren aufgestellt, welche die 2—4-fache Gärzylinderfüllung aufnehmen können. Bei großen Anlagen ist dies, um Arbeitszeit zu ersparen, recht vorteilhaft.

§ 24. Andere Systeme von Reinzuchtapparaten für Brauereihefe.

Außer den schon erwähnten kleinen Abweichungen von dem ersten Carlsberger Modell Hansen-Kühle finden wir bemerkenswerte Abänderungen bei den Apparaten von Elion (1), der Wiener Versuchsstation für Brauerei, von Bauer (1), A. Doemens (1) und A. Schifferer (1), während die von L. Marx (1), J. E. Siebel (1) und C. Pohl und H. Bauer (1) durch wichtige Details als eigene Systeme zu betrachten wären; alle gehören sie aber der Hansen-Kühle'schen Type an. Elion wendete zuerst bei Sterilisatoren einen Dampfmantel an; die Hähne für Würze, Bier und Hefe (*c*, *a* und *h* entsprechend) sind Dreiweghähne, welche untereinander durch eigene Rohrleitungen verbunden sind, damit sie selbständig mittelst Dampf sterilisiert werden können; Dreiweghähne sind aber gerade bei Reinzuchtapparaten sehr bedenklich. Bauer verwendet, da der Betriebsdampf unangenehme Geschmacksstoffe enthält, den durch Kochen von Wasser im Sterilisator selbst erzeugten Dampf zum Sterilisieren der Verbindungsleitung und des Gärzylinders. Doemens läßt an den Hansen-Kühle'schen Apparaten nicht bloß die Glasfenster sondern auch das Glasrohr des Würzestandzeigers weg; die Würze wird hier eingemessen. Schifferer bringt dagegen ein Würzestandglas auch am Sterilisator an, welcher durch eine verschraubbare Oeffnung im Deckel gefüllt wird, und wendet ein altes Verfahren zum Keimfreimachen der eintretenden Luft an, indem er das Ende des Schwanenhals-Rohres mit einer Gasflamme erhitzt. Der für die Wiener Versuchsstation für Brauindustrie von Baumann ausgeführte und von Schwackhöfer (1) beschriebene, mit Dampfschlange und Kühlmantel versehene Sterilisator trägt sämtliche Armatur am Deckel oder Boden, wodurch die doppelte Dichtung der durch den Mantel in den Zylinder führenden Hähne und Leitungen vermieden wurde. Alle bisher aufgezählten Apparate sind für 150—200 l Beschickung gebaut.

Von den mehr selbständigen Systemen hat das von Marx nur mehr historisches Interesse, da es (wenigstens in Deutschland) kaum in die Praxis gedrungen sein dürfte. Marx, einer der ersten Schüler Hansen's, ist noch viel peinlicher bestrebt keimfreies Arbeiten zu ermöglichen, wodurch aber sein Apparat allzu kompliziert und unpraktisch wird. Die kleinen, 45—50 l fassenden Apparate sind wohl auch mehr für Laboratoriumszwecke bestimmt. Bei den Apparaten von Siebel findet sich im Gärzylinder ein mit Filterstoff belegter Siebboden, welcher bestimmt ist, Hefe aufzuspeichern, bzw. von der Würze abzufiltrieren, ferner ein Rückschlagventil hinter dem Hefenhahn und separate Luftfilter für das obere und untere Lüftungsrohr. Der Sterilisator steht unterhalb des Gärzylinders.

Der Reinzuchtapparat von C. Pohl und H. Bauer verlangt größere Beachtung, weil er in mehrfacher Hinsicht recht praktische Einrichtungen besitzt. Wesentlich Neues zeigt wohl nur der Gärzylinder (*Fig. 6*), der mit Ausnahme von *h* sämtliche Armatur am Deckel trägt und mit Kühl-, bzw. Dampfmantel versehen ist, indem das eigenartig ausgebildete Rührwerk als Lüftungseinrichtung und Flüssigkeitsstandzeiger dient. Seine hohle Achse steht durch ein Querrohr *y* mit der Luftleitung in Verbindung und trägt knapp oberhalb der Rührflügel zwei gekreuzte, nach oben zu gelochte Rohre *r*, durch welche die Lüftung der Würze erfolgt, welche aber auch bei der Entleerung jenen Moment markieren, in welchem der Würzespiegel unter ihr Niveau gesunken ist.

Der Hahn *u* reguliert den Luftzutritt zu *v*. Der Hahn *o* ist ein Dreiweghahn und läßt durch den einen Weg die Luft oberhalb der Würze eintreten, durch den anderen öffnet er den Gärzylinder gegen *s* (hier „Ausgärvorrichtung“ genannt). Diese Vereinigung der Lüftung mit dem Auspuff kann nicht als glücklich bezeichnet werden, schon darum nicht, weil ein Dreiweghahn in Verwendung kommt. Die ganz eigenartig konstruierten Apparate FERNBACH's (1), welche im „Institut Pasteur“ zu Paris und sonst an vielen Orten Frankreichs zur Gewinnung von Reinhefe für Brauereien, vornehmlich aber für Brennereien, in Verwendung stehen, unterscheiden sich auch sonst durch die Art des Sterilisierens und Lüftens der Würze. Sie sind ausführlich im 10. Kapitel dieses Bandes beschrieben.

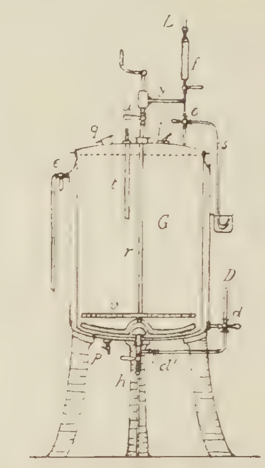


Fig. 6. Hefenreinzucht-Apparat von POHL und BAUER.
G Gärzylinder, *L* Luftleitung, *D* Dampf- und Wasserzufluß. *d* Dreiweghahn für Dampf und Wasser, d^1 Dampfhahn für den Zylinder, *e* Dampf- und Wasser-Austritt, *f* Luftfilter, *h* Hefenhahn, *i* Impfröhrchen, *o* Dreiweghahn für die Lüftung oberhalb der Würze, *p* Kondenswasserablaß, *q* Schauglas, *r* Rührwerk, *s* Auspuffrohr, *t* Thermometer, *u* Lüftungshahn, *v* Lüftungsrohr, *y* Verbindungsrohr zwischen Luftfilter und Rührwerk.

Durch Konstruktion eines Hefenreinzucht-Apparates hat P. LINDNER (2) im Jahre 1888 eine neue Type geschaffen, die sich im Wesen von der HANSEN'schen dadurch unterscheidet, daß die zum Anstellen der nächsten Gärung im Propagator nötige Hefe sich in einem eigenen Gefäße, getrennt von der für den Betrieb bestimmten Reinhefe, befindet. Dieses Gefäß, der Anstellapparat, ist, der geringen Hefemenge entsprechend, bedeutend kleiner als der Gärzylinder, kann daher auch viel einfacher gebaut sein, wodurch er von Haus aus gegen Infektion besser geschützt ist als große Apparate mit einer oft komplizierten Armatur. LINDNER war auch der erste, welcher in einem und demselben Gefäße die Würze sterilisierte, lüftete, kühlte und vergären ließ, kurz der den Sterilisator auch als Gärzylinder verwendete. Der **kleine Reinzuchtapparat System Lindner** ist für kleine und mittlere Brauereien sowie Laboratorien gedacht und liefert bei einer Füllung von 50—60 l ungefähr 1 kg Reinhefe. Derselbe besteht (s. *Fig. 7*) aus einem Kupferkolben *A* und dem Sterilisier- und Gärzylinder *SG*. Der kupferne Anstellkolben *A* faßt 5—6 l, und es wird die normale Füllung durch Abwägen mittelst einer Federwage erhoben. In diesem Kolben wird die zur Einführung bestimmte Reinkultur vorbereitet. Der Sterilisier- und Gärapparat, ein liegender Zylinder von ca. 80 l Inhalt, ruht auf einem Eisengestell, so daß er leicht um seine Längsachse gerollt werden kann. Durch Gummischläuche und Glasröhren

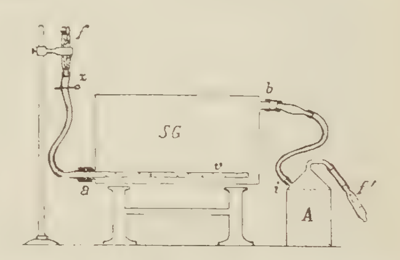


Fig. 7. Kleiner Hefenreinzucht-Apparat nach LINDNER.
A Kupferkolben als Anstellapparat, *SG* Sterilisier- und Gärzylinder, *b* Würze-einfüll-Stutzen, *a* Stutzen für das Lüftungsrohr *v*, *f f'* Luftfilter, *i* Impfröhrchen von *A*, *z* Quetschhahn.

sind A und SG verbunden; das Lüftungsrohr r ist in den Stutzen a durch ein darübergeschobenes Schlauchstück eingedichtet. Das Luftfilter f' schließt an eine Wasserstrahlluftpumpe an. Die Montage ist also hier sehr einfach: Hähne fehlen ganz, und zur Verbindung dienen ausschließlich Gummischläuche. Diese sind aber andrerseits auch die verwundbare Stelle, welche stets größte Sorgfalt bei der Bedienung dieser Apparate erfordert. Auch die leichte Infektionsmöglichkeit durch ein zufällig durchnäßtes Filter ist sehr zu beachten.

Später, im Jahre 1891, hat P. Lindner (3) dieses System zu einem **großen Reinzuchtapparat**, welcher der ausführenden Firma F. W. Pest in Berlin patentiert wurde, ausgestaltet (*Fig. 8*). Als Anstellapparat (Hefengefäß) dient wieder ein dem Carlsberg-Kolben ähnlicher Kupferkolben A (oder auch der liegende Zylinder des kleinen Apparates, welcher mit einem Impfstutzen versehen wird). Das Impfröhrchen i sowie der Abfüllstutzen h sind mit Dreiweghähnen versehen. Mit sehr reicher Armatur ist der stehende Sterilisier- und Gärzylinder SG ausgestattet, in welchem 500 l Würze vergoren werden. Der gewölbte Deckel besitzt eine Brause m, durch die der Apparat mit Wasser ausgespült werden kann; der Boden ist spitzkonisch. Der Hahn x (in der Zeichnung nur angedeutet) ist wie der Hefenhahn am Hansen-Kühle'schen Gärzylinder gebaut und dient zur Entnahme des Bieres, während die Hefe durch h abgelassen wird. Das Sterilisieren und Kühlen wird durch ein Schlangenrohr bewirkt, letzteres noch durch den Spritzkranz k verstärkt. Einen wesentlichen Bestandteil bildet die Durchlüftungs und Rührvorrichtung. Von dem hier wieder als Würzestandzeiger ausgebildeten Lüftungsrohre g geht am unteren Ende von dem Hahne u^2

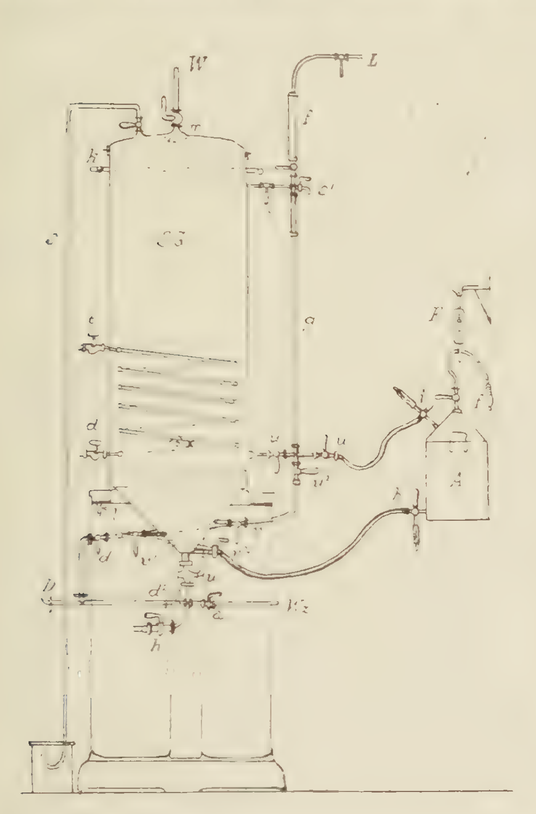


Fig. 8. Großer Hefenreinzucht-Apparat nach Lindner. A Anstellapparat (Hefengefäß), SG Sterilisier- und Gärzylinder, F Federwage, D Dampf-, L Luft-, W Wasser-, Wz Würze-Leitung. a Würze-Einlaßhahn, d d^1 d^2 Dampfventile, e Dampfaustritt, f Filter, g Glasrohr des Würzestandrohres, h Ablaßhahn für Hefe und Kräusen, h' Dreiweghahn zur Entleerung des Hefengefäßes, i Impfröhrchen mit Dreiweghahn, k Spritzkranz für Kühlwasser, l Kühlwasserablauf aus der Schale, m Brause, o oberer Lüftungshahn mit Sterilisierhahn o', s Auspuffrohr für Luft und Kohlensäure samt Wasserabschluß, u unterer Lüftungshahn, u^1 Verbindungshahn zum Hefengefäß, u^2 Lufthahn zur Durchlüftungsvorrichtung mit den Durchlüftungsrohren v v^1 v^2 samt Dreiweghähnen, w Abschlußhahn des Zylinders, x Bierablaßhahn.

eine kurze Leitung ab und mündet in dem konischen Boden mit den Hähnen v, v^1, v^2 ein, welche sich durch ganz kurze, gebogene Rohrstücke in das Innere fortsetzen; die durch diese Durchlüftungsrohre einströmende Luft wirbelt die Hefe und Würze kräftig auf. Durch Hahn u^1 und Dreiweghahn v^2 einerseits und die Dreiweghähne h^1 und i andrerseits wird der Anstellkolben mit dem Zylinder in Verbindung gesetzt.

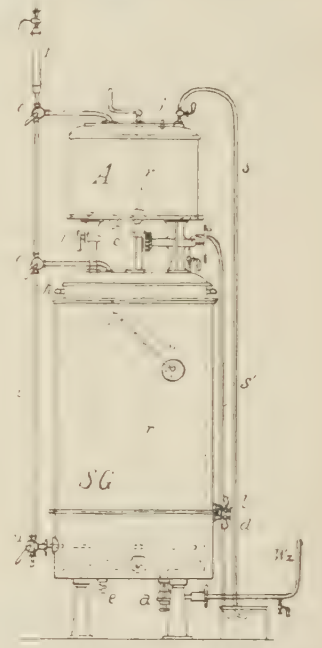


Fig. 9. Hefenreinzucht-Apparat von Jörgensen und Bergh. A Anstellzylinder, SG Sterilisier- und Gärcylinder, Wz Würzeleitung. a Würzeeinlaßhahn, c Waschwasserablauf, d Dampfventil für die untere Mantelhälfte, e Dampf- und Kondenswasseraustritt, f Luftfilter, h Verbinbindungsrohr zwischen A und SG, i Impfröhrchen, k Spritzrohr für Kühlwasser, l Kühlwasserablauf aus der oberen Mantelhälfte, n Schwimmer mit Zeiger (der punktierte Kreis ist die Schwimmkugel im Innern), o oberer Lüftungshahn für A, o' für SG, r Rührwerk, getrennt für jeden Zylinder, ss' Auspuffrohr mit Wasserabschluß, u unterer Lüftungshahn mit Schnatterrohr, v Metallrohr der Lüftungseinrichtung.

Die für den praktischen Betrieb große Vorteile bietende Idee Lindner's, wie sie sich besonders in seinem kleinen Apparate ausprägt, wurde auch anderen Konstruktionen zugrunde gelegt. Die Zweckmäßigkeit eines eigenen Anstellapparates für bestimmte Aufgaben ist augenscheinlich, und wir treffen deshalb öfter einen (oder mehrere) Anstellapparate neben Sterilisator und Gärzylinder als Erweiterung von Hefenreinzucht-Anlagen, so bei H. Wichmann (1) und G. Jacquemin (1). Die Anlage des letzteren ist aber vornehmlich für Brennereien bestimmt und wird im 10. Kapitel dieses Bandes beschrieben werden.

Von Systemen, welche mehr oder weniger der Type Lindner's folgen, wären zu erwähnen das von A. Jörgensen (4) im Verein mit Bergh ersonnene, dann eine Variante von Pohl und Bauer (1), weiters die von L. Henius (1), A. Doemens (1) und N. Bendixen (1). Die Reinzuchtanlage von Henius besteht aus zwei Anstellapparaten und einem kombinierten Sterilisier- und Gärzylinder, welcher sich aber an die Konstruktion von Hansen anschließt.

Der Laboratoriums-Reinzuchtapparat von Doemens, welchen er im Jahre 1895 in seiner Lehr- und Versuchsanstalt in München aufstellte, wird aus einem ca. 60 l fassenden, als Sterilisator eingerichteten Gärzylinder und einem Hefekolben gebildet, der durch zwei Schläuche mit ersterem verbunden ist, so daß durch den oberen ein Luftaustausch zwischen beiden Gefäßen erfolgen kann, durch den unteren aber einerseits (durch einfaches Senken des Kolbens unter das Niveau im Gärzylinder) der Kolben gefüllt wird und andrerseits (durch Hochheben) die Ansatzhefe wieder in den Gärzylinder zurückfließt. Die richtige Füllung bestimmt man auch hier mittelst Federwage.

Bei dem Apparat von N. Bendixen wird die Lüftung durch einen Aspirator besorgt. Die Füllung des Anstellgefäßes erfolgt automatisch,

sobald die Gärung im Gärzylinder kräftig einsetzt, und wird ebenfalls automatisch unterbrochen. Näheres s. im 10. Kapitel dieses Bandes.

Das **System von Jörgensen und Bergh** zeichnet sich dadurch aus, daß die beiden Gefäße übereinander angeordnet sind (s. *Fig. 9*). Der obere Anstellzylinder *A* faßt 50 l, der untere *SG* aber 160 l. Die Lüftungseinrichtung fungiert hier nicht als Würzestandzeiger; es ist *v* daher ein Metallrohr, und die Füllungshöhe wird durch einen Zeiger *n* mit Schwimmer angegeben. Die Gefäße stehen durch den Hahn *h* in Verbindung. Ein aus zwei Kammern bestehender Mantel umgibt *SG*; die untere kleinere ist für Dampf, die obere nimmt das Kühlwasser auf, das durch den Spritzkranz *k* zugeführt wird. Den großen Vorzügen einer übersichtlichen Anordnung und des geringen Platzbedarfes stehen als Nachteile die Dreiweghähne, die Stopfbüchse des Zeigers, der Hahn *h* gegenüber; auch ist baldiges Undichtwerden als Folge der ungleichmäßigen Ausdehnung beider Apparate durch Sterilisation und Kühlen zu befürchten.

Eine dritte Type stellt der **Hefenreinzucht-Apparat von Wichmann** (2) dar. Er besteht (*Fig. 10*) aus zwei sehr einfach gebauten Gefäßen von gleicher Größe; in beiden wird gleichzeitig Hefe für den Betrieb erzeugt. In jedem werden je 25 l Würze vergoren, doch faßt jeder mehr als 50 l. Der Anstellapparat *A* besitzt eine eigenartige Lüftungsvorrichtung, welche außer zum Lüften der Würze und Aufrühren der Hefe auch als Flüssigkeitsstandzeiger dient: der linke Ast *o* derselben setzt sich in ein dünnes Rohr fort, welches genau bis in das Niveau von 25 l reicht, der rechte *u* trägt am Ende ein Ringrohr *v*, das bloß auf der unteren Seite durchlöchert ist. Die Würze wird bei *a* in den Sterilisator mittelst eines Trichters eingemessen.

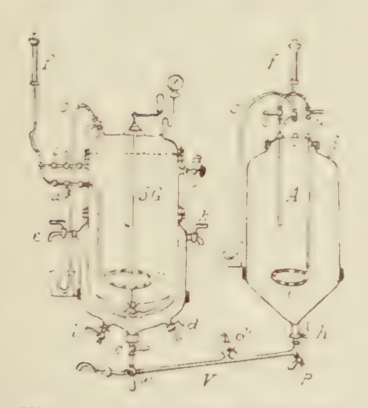


Fig. 10. Hefenreinzuchtapparat von Wichmann.
A Anstellapparat, *SG* Sterilisier- und Gärzylinder, *V* Verbindungsleitung, *a* Würzeeinlaßhahn, *c* Ablaßhahn, *d d'* Dampfventile, *e* Dampfaustritt, *f* Luftfilter, *h* Hefenhahn, *i* Impfröhrchen, *k* Kühlwassereinlauf, *l* Kühlwasser- und Kondenswasserablauf, *o* oberer Lüftungshahn, *p* Probehähnchen, *r* Rührwerk, *s* Auspuffrohr, *u* unterer Lüftungshahn, *v* Lüftungsrohr, *w* Verbindungshahn (Dreiweghahn).

Wenn auch nicht zu einem eigenen Systeme ausgebildet, so verdient doch besonders erwähnt zu werden der „Hansena“ genannte Apparat von L. Nathan (1), welcher für Reinzuchtzwecke ausgezeichnet geeignet ist und auch zur Ausgestaltung von Reinzuchtanlagen in Verwendung kommt. Dieses Gefäß, von Nathan im großen Maßstabe als geschlossener Gärbottich für die Bierbrauerei gedacht, ist in einem Stücke aus Gußeisen hergestellt und innen mit einer weißen glasharten, glänzend glatten Emaille überzogen, welche sich gegen Würze und Bier vollständig indifferent verhält, was bei dem gebräuchlichen Materiale der Reinzuchtapparate (verzinntes Kupfer) nicht stets der Fall ist (vgl. Bd. IV, S. 129). Aehnlich können auch kleinere Modelle der Vacuum-Tanks aus emailliertem Stahlblech als Reinzuchtapparate eingerichtet werden.

Die besprochenen Apparate sind alle in erster Linie für die Zwecke der untergärigen Bierbrauereien konstruiert. Die Obergärung ver-

langt etwas modifizierte Apparate, da die obergärige Hefe abweichende Gärungserscheinungen hat. Diesen Rechnung tragend haben die HANSEN-KÜHLE'schen Apparate geringfügig verändert: JENSEN, JÖRGENSEN, KOKOSINSKI und WILSON; man vergleiche darüber HANSEN (11). POHL 5 und BAUER haben ihren Sterilisier- und Gärzylinder auch für den Gebrauch in Obergärungsbrauereien eingerichtet, indem sie den Deckel des Gefäßes konisch gestalteten, von dessen Spitze aus ein Rohr die hier durch den Trieb sich sammelnde Oberhefe in einen Kolben abführt.

§ 25. Betrieb eines Reinzuchtapparates.

10 Die Art der Arbeit mit einen Hefenreinzucht-Apparate ergibt sich mit Leichtigkeit aus seiner Beschreibung, wofern man mit dem Wesen irgend eines Reinzuchtapparates überhaupt vertraut ist. Es wird daher genügen, an dieser Stelle gleichsam als Beispiel die Vermehrung der Reinhefe an einem Apparate ausführlicher zu beschreiben, und wir 15 wählen hierzu den von HANSEN und KÜHLE, welcher wohl die meiste Verbreitung gefunden hat. Von dem Carlsberg-Kolben und ähnlichen Gefäßen kann hier ganz abgesehen werden, da diese ja genau so wie Pasteur-Kolben zu behandeln sind.

Vorausgeschickt seien einige für alle Systeme allgemein gültige 20 Regeln. Vor Inbetriebsetzung sind die Apparate auf Dichtheit zu prüfen, was am besten mittelst Wasser- oder Luftdruck unter Zuhilfenahme eines Manometers geschieht; doch darf ein höherer Druck als 1 at nicht angewendet werden ohne Schädigung des Apparates. Der Innenraum der Gefäße sowie die Verbindungsleitungen sind (durch 25 Dämpfen) vollkommen steril zu machen und so abzukühlen, daß sie steril bleiben. Dabei muß sorgfältig die Bildung eines Vakuums vermieden werden, weil dadurch der Apparat Schaden leiden könnte — er wird eingedrückt — oder es würde doch durch die eingesaugte unfiltrierte Luft eine Infektion herbeigeführt werden. Es ist daher stets für einen 30 entsprechenden Ueberdruck in den Apparaten Sorge zu tragen, und es genügen 0,5 at, hergestellt mittelst filtrierter Luft.

Der Betrieb einer jeden Hefenreinzucht-Anlage spielt sich in folgenden Abschnitten ab: 1. Sterilisieren der Apparate bei der ersten Inbetriebsetzung, 2. Sterilisieren, Lüften und Kühlen der Bier-35 würze, 3. Impfen mit der Reinzucht resp. Anstellen der neuen Gärung, 4. Gärung im Apparate, 5. Hefenentnahme. Die Arbeiten unter Punkt 2—5 wiederholen sich weiterhin, so daß der Apparat im „kontinuierlichen" Betriebe steht, bis eine Infektion eine neue Impfung erforderlich macht.

Das Sterilisieren der Apparate erfolgt durch Dampf. Ist der 40 Druck in der Betriebsleitung zu groß, so soll er auf 1 at reduziert werden. Man läßt den trockenen Dampf durch d' in *Fig.* 5 auf S. 88 eintreten und sterilisiert einen Zylinder nach dem anderen. Die Luftfilter und Thermometer wurden vorher entfernt, der Glas- oder Metallstöpsel bei *i* herausgezogen, alle Hähne sind geöffnet. Nachdem sich bei wenig 45 Dampf der Apparat erwärmt hat, gibt man vollen Druck und dämpft einen Hahn nach dem anderen aus, die weiteren durch 15, die engeren durch 5—10 Minuten. Um Dampf zu sparen, kann man alle übrigen Hähne geschlossen halten und öffnet nur den zu sterilisierenden. Zuerst verschließt man (am Gärzylinder) das Impfröhrchen mit Quetschhahn 50 und dem in einer Flamme erhitzten Stöpsel, setzt das Luftfilter auf,

dessen untere Mündung man ebenfalls abgeflammt hat, und stellt hierauf sofort die Verbindung mit der Luftleitung her, um das Filter unter Druck zu setzen, damit nicht etwa Dampf durch das Hähnchen unterhalb des Filters eindringt, die Baumwolle durchnäßt und so das Filter unbrauchbar macht. Das Ausdämpfen ist so zu leiten, daß nirgends kalte, nicht-sterile Stellen bleiben können. Sobald alle Hähne durchgedämpft sind, läßt man den Dampf nur durch *s* entweichen, drosselt ihn entsprechend und leitet beim *Gärzylinder* durch *u* nach und nach Luft mit einem Drucke von 0,5 at ein. Indem man den Lufthahn immer mehr öffnet, das Dampfventil aber schließt, verdrängt die Luft den Dampf, kühlt den Apparat und erzeugt den gegen Vakuum schützenden Druck. Hat sich der Apparat einigermaßen abgekühlt, so kann die weitere Kühlung durch Ueberspritzen mit Wasser, durch die Mantel- oder Schlangenkühlung beschleunigt werden. Der *Sterilisator* braucht nicht ganz abgekühlt zu werden, sondern kann sofort mit Bierwürze beschickt werden, wobei aber wieder auf die Entstehung eines Vakuums zu achten ist. Vor dem Einfüllen der Würze drückt man das Kondenswasser aus dem Sterilisator und ebenso aus dem Gärzylinder heraus. Das Sterilisieren jedes Zylinders wird ungefähr 45—50 Minuten in Anspruch nehmen.

Die Würze wird meist durch Anschluß an die Leitung vom Sudhause oder Kühlschiffe in den Sterilisator eingeleitet. Man erkennt die richtige Füllung an dem Ausfließen der Würze beim Probehahn *b*. Bei mehreren Systemen mißt man die Würze in den Sterilisator ein.

Zum *Sterilisieren der Bierwürze* benutzt man ebenfalls Dampf; im kleinen Lindner'schen Apparate und bei einer Abart des Pohl'schen wird die Würze mittelst direkter Feuerung gekocht. Der Dampf wirkt entweder durch eine Heizschlange oder in einem geschlossenen Heizmantel, welcher auf eine höhere Spannung geprüft sein muß; in beiden Fällen wendet man aber nur strömenden Dampf an, so daß kein Druck in dem Schlangenrohre oder Mantel herrscht. Bei Heizschlangen kommt es gewöhnlich vor, daß der unterste Teil der Würze, welcher unterhalb der letzten Windung und in dem Rohrstutzen des Ablaßhahnes steht, nicht zum Kochen kommt. Deshalb muß man bei so eingerichteten Sterilisatoren, sobald die Würze kocht, immer die kalte Würze durch die untersten Hähne ablassen. Man kocht durch eine bis anderthalb Stunden, je nach Jahreszeit und Würzetemperatur. Auf das Sterilisieren wird man nicht verzichten dürfen, auch wenn die Würze heiß in den Sterilisator gelangt, da nur bei sehr kurzer Leitung und Entnahme der siedend heißen Würze vom Hopfenkessel auf Sterilität gerechnet werden könnte. Der beim Kochen aus der Würze sich entwickelnde Dampf sterilisiert beim Entweichen die Hähne oberhalb des Würzespiegels, so *b* und insbesondere *s*.

Die kochend heiße Würze wird nach Absperrung des Dampfes *gelüftet*, wozu 15 Minuten hinreichen. Man beachte hierbei sehr die Schaumbildung und verhindere durch rechtzeitiges Abbrechen der Lüftung, daß der Schaum bei *s* austritt. Sollte dies doch geschehen, so muß nach beendeter Sterilisierung das Schwanenhals-Rohr abgenommen und nochmals ausgedämpft werden.

Dann beginnt man mit dem Kühlen durch Spritzkranz, Mantel oder Schlange, wobei man unausgesetzt darauf achtet, daß ein Druck von ca. 0,2 at im Apparate herrscht. Dies erkennt man an dem Wasserabschluß des Schwanenhals-Rohres, welchem ein mäßiger aber ununter-

brochener Strom von Luftblasen entweichen muß; dementsprechend reguliert man den Lufteintritt. Sehr gut ist es, auf jedem Zylinder ein Manometer oder noch besser ein Vakuomanometer anzubringen. Sobald die Würze auf die Anstelltemperatur herabgekühlt ist, läßt man sie durch die vorher ausgedämpfte Verbindungsleitung in den inzwischen erkalteten Gärzylinder ab oder drückt sie mit Luft hinüber. Vor der Impfung darf naturgemäß nur so viel Würze in den Gärzylinder gebracht werden, als mit der Laboratoriumszucht in Gärung versetzt werden kann; jedenfalls aber nicht mehr, als daß die Würze bis *i* reicht.

Die zum Impfen des Gärzylinders bestimmte Reinhefe wird entweder nach den ausführlichen Angaben Hansen's (11) oder nach Wichmann (2) in einem größeren, 1—2 l fassenden Pasteur-Kolben vorbereitet und durch *i* unter den für diese Arbeit vorgeschriebenen Verhaltungsmaßregeln eingeimpft. Mittelst des Rührwerkes mischt man die Reinzucht unter die Würze und bringt dann einen etwaigen Würzerest noch herüber. Die Anstelltemperatur kann zwischen 16—25° C gewählt werden.

Die Gärung im Apparate führt man die erste Zeit nach der Impfung etwas wärmer als gewöhnlich und lüftet dabei, um die Hefenvermehrung zu fördern, jedoch ohne Uebermaß (vgl. Bd. IV, S. 124). Man kann täglich kurze Zeit kräftig lüften („aufziehen“, wie der Brauer sagt), oder man leitet einen ganz schwachen Luftstrom die ersten Tage längere Zeit durch die Würze; was in einem bestimmten Falle besser ist, ergeben vergleichende Versuche, jedenfalls aber muß man sich vor einem Zuviel hüten. H. Will (7) hat darauf aufmerksam gemacht, daß durch sehr starkes Lüften im Gärzylinder wohl eine größere Hefenernte als durch mäßiges Lüften erzielt wird, daß aber die so gewonnene Apparathefe wegen ihrer geringeren Gärkraft bei den ersten Gärungen in der Brauerei nicht befriedigt. Bleisch und Schweitzer (1) empfehlen deshalb, die Lüftung im Gärzylinder einzustellen, sobald Gärung eingetreten ist, und weiterhin die Luft bloß über die Flüssigkeit streichen zu lassen. Was die Gärtemperatur anbelangt, so ist leicht einzusehen, daß diese soviel als möglich an die im Betriebe gebräuchliche Gärtemperatur angepaßt werden soll, ohne daß darunter die Hefenvermehrung leidet, oder die Gärdauer zu lange wird. Hansen führt die Gärung im Apparate die ersten 5 Tage unter mäßiger Lüftung, läßt dann weitere 5 Tage die Hefe absetzen bei kühler Temperatur und verwendet die Bodensatzhefe für den Betrieb.

Die Entnahme der Reinhefe geschieht folgendermaßen. Nachdem ein kleiner Ueberdruck im Gärzylinder hergestellt wurde, wird das Bier (vergorene Würze) unter Beachtung der Marken am Standrohre bis auf 50 l bei *h* abgelassen. Mit diesem Rest wird die Hefe kräftig aufgerührt und werden 25 l Hefe mit Bier in ein sauberes Gefäß durch *h* entnommen. Mit der schon vorher im Sterilisator vorbereiteten Würze füllt man wieder bis zur 50 l-Marke auf, mischt kräftig auf und läßt weitere 25 l Hefe mit Würze ab, welche 50 l man in den Gärkeller bringt. Im Gärzylinder verbleiben noch 25 l Würze mit Hefe (ungefähr ein Viertel der in der vorhergehenden Gärung gebildeten Hefe) als Ansatz für die nächste Gärung im Apparate, welche sofort eingeleitet wird, indem man den Gärzylinder bis zur obersten Marke auffüllt, gründlich durchmischt und lüftet. Man kann so nach Hansen alle 10 Tage einen frischen Satz Reinhefe in den Betrieb einführen.

Der Zylinder des kleinen Apparates von Lindner wird mit 56 l Würze gefüllt und diese durch direktes Feuer zum Kochen ge-

bracht, wobei der Stutzen *a* sich oben befindet, dann rollt man ihn in die Stellung der *Fig. 7* auf S. 92 und kocht weiter, bis alle Schläuche steril sind. Die Lüftung erfolgt, indem durch *f* Luft beim Abkühlen eingesaugt wird. Die Impfung erfolgt, sobald sich die Würze von selbst abgekühlt hat, aus *A*, in welchem 5—6 l Würze vergären und so Bodensatzhefe zum Anstellen jedes nächsten Ganges liefern. Der Betrieb des großen LINDNER'schen Apparates schließt sich im allgemeinen an den des HANSEN'schen an; das Bier wird bei *x*, die Hefe durch *wh* entnommen: *A* ist während der Gärung leer und nimmt nur kurz vor der Entleerung von *SG* die zum Ansatze notwendige Hefe oder Kräusen auf.

Bei JÖRGENSEN-BERGH findet das Sterilisieren der Würze in *SG* der *Fig. 9* auf S. 94 statt, das Impfen und die erste Gärung in *A*. Sobald hier die Würze in Gärung ist, läßt man sie durch *h* zu der frisch sterilisierten Würze in *SG* ab, mischt und drückt wieder einen Teil durch *h* nach *A* hinauf. Die jetzt in *SG* gebildete Hefe wird in den Gärkeller gebracht, die Hefe in *A* dagegen dient zum Ansetzen der neuen Gärung in *SG*. Während also in dem unteren Zylinder die Würze sterilisiert wird, befindet sich gleichzeitig im oberen schon der Satz für die nächste Gärung.

Bei der WICHMANN'schen Anlage liefern beide Apparate Hefe im Kräusen-Stadium für den Betrieb, und nur ein kleiner, in der konischen Spitze von *A* der *Fig. 10* auf S. 95 zurückbleibender Rest wird für den Ansatz der nächsten Gärung benutzt. *SG* wird jedesmal ganz entleert, gewaschen und mit 25 l Würze gefüllt, welche nach dem Sterilisieren, Lüften und Kühlen in den Zylinder *A* hinübergedrückt und mit dem Hefensatze vermischt wird. Dann werden neuerlich 25 l in *SG* sterilisiert, hier mit der angesetzten Würze aus *A* vermischt und davon wieder 25 l nach *A* zurückgebracht. Hierbei tritt das Lüftungsrohr *o* bei *A* in Tätigkeit. Während langsam die Würze von unten in *A* emporsteigt, läßt man durch *o* ruckweise Luft eintreten. Sobald man jenes eigenartige Glucksen hört, welches die durch Flüssigkeiten strömende Luft hervorbringt, schließt man *h*, denn dann hat die Würze die untere Mündung von *o* erreicht, und *A* enthält 25 l.

Ausführlichere Angaben über den Betrieb der wichtigsten Systeme der Hefenreinzucht-Apparate finden sich in den Schriften von HANSEN (11), LINDNER (1) und WICHMANN (2) und a. a. O.

§ 26. Die verschiedenen Arten der Aufbewahrung der Hefe für technische Zwecke. Historisches.

Solange die Gärungsbetriebe sich in vollem Gange befinden, bietet die Konservierung der Hefe keine besonderen Schwierigkeiten. In der Regel steht nur eine Aufbewahrung von einem Tag zum anderen oder höchstens für mehrere Tage in Frage, und hierfür genügt in der Hauptsache eine niedere Temperatur.

In der Brennerei und in den Preßhefenfabriken wird die sogen. Mutterhefe, d. h. die dem Hefengärgefäß zur Fortpflanzung und zur Aussaat für die nächste Hefenerzeugung entnommene Hefe (s. d. 11 Kap.), in Gefäßen aus Metall in kaltes Wasser gestellt, um die lebhafte Gärung zu unterbrechen.

Im Brauereibetrieb wird die nach der Hauptgärung im Gärbottich in drei verschiedenen Schichten abgesetzte Hefe zunächst in der

Weise sortiert, daß nur die mittlere, feste Schichte, die sogen. Kernhefe (s. Bd. IV, S. 121), als Samenhefe verwendet wird. Durch sorgfältiges Waschen in der Hefenwanne und Schlämmen in besonderen Bottichen oder anderen zu diesem Zweck konstruierten Apparaten mit möglichst kaltem, hartem und reinem Wasser wird sie von den in ihr enthaltenen Bierresten und von den während der Gärung entstandenen Ausscheidungen meist eiweißartiger Natur befreit. Gleichzeitig werden aber auch leichte, nicht völlig ausgereifte und abgestorbene Hefenzellen samt dem größten Teil etwa vorhandener Bakterien entfernt. Die weitere Behandlung dieser gewaschenen und sortierten Hefe ist nun eine verschiedene, je nachdem sie in *nassem* oder in *trockenem Zustande* bis zur weiteren Verwendung, welche entweder schon am nächsten Tag oder wenigstens innerhalb eines sehr kurzen Zeitraumes erfolgt, aufbewahrt wird. In ersterem Falle bleibt die Hefe in den Hefenwannen unter reinem Wasser, in welches ein flacher Eisschwimmer eingesetzt ist, an einem kühlen Ort (gewöhnlich im Gärkeller, wenn nicht ein besonderer, von diesem abgegrenzter Raum als Hefenkammer benützt wird) stehen. Sehr wichtig für die Aufbewahrung von Brauereihefe erscheint, daß sie gegen Infektion mit bierschädlichen Organismen durch und während des Waschens und Schlämmens geschützt ist, sowie daß sie aus den Hefenwannen selbst keine bierschädlichen Organismen aufnehmen kann.

Bei der Aufbewahrung in trockenem Zustande wird die gewaschene und geschlämmte Hefe, in Säcke gefüllt, durch Pressen von dem Wasser befreit. Eine möglichst niedrige Temperatur hält die Entwicklung von schädlichen Keimen zurück und schützt die Hefe gegen weitere Schwächung der Gärkraft durch Selbsterwärmung und gegen Verderben.

Der Verbrauch von *Preßhefe* für *Backzwecke* wechselt sowohl in den einzelnen Gegenden als auch in den verschiedenen Jahreszeiten; besonders zur Zeit der hohen Festtage ist der Bedarf ein gesteigerter. Die Preßhefenfabriken sind, da sich der Bedarf und der Versand auf einen sehr kurzen Zeitraum zusammendrängen, nicht in der Lage, die ganze Menge in dieser kurzen Zeit herzustellen, und es muß deshalb auf Vorrat gearbeitet werden. Beim Versand wird die aufbewahrte Hefe mit frischer vermischt und umgepreßt. Die Aufbewahrung geschieht an einem trockenen und kühlem Orte in der Weise, daß die Hefe während des Lagerns austrocknet. Hierbei wird nach Durst (1) auf zweierlei Art verfahren: entweder stampft man die Hefe in große flache Gefäße, welche 8 bis 10 Zentner fassen, stellt letztere, oben offen, übereinander, oder man stopft die Hefe in Beutel und legt sie auf Lattengerüste. Ein Zusatz von konservierenden Mitteln (Weinsäure, Salicylsäure), wie er vielfach empfohlen wird, ist bei einer guten Hefe unnötig, denn diese hält sich schon an und für sich; eine schlechte Hefe wird aber auch dadurch nicht vor dem Verderben geschützt.

Schwieriger gestaltet sich die Konservierung der Samenhefe, wenn *längere Pausen* im Betrieb eintreten. Bei der Preßhefenfabrikation mit ihrem kontinuierlichen Betrieb wird dies nur in Notfällen vorkommen, und es bietet die Beschaffung frischer Samenhefe kaum irgendwelche Schwierigkeiten. Die Brennereien können sich durch Preßhefe oder obergärige Bierhefe ein neues Saatgut beschaffen, dessen Bezug in gutem Zustande allerdings manchmal nicht leicht ist und eine gute Konservierung voraussetzt, besonders wenn die Saathefe aus entfernteren Orten herbeigeführt werden muß. In früherer Zeit schritt man im äußersten

Notfall, wenn der Bezug von Hefe nicht möglich war, zur Bereitung einer sogen. Naturhefe. M. DELBRÜCK (3) berichtet aus eigener Anschauung, daß noch im Jahre 1894, also zu einer Zeit, wo in deutschen Brennereien schon Bemühungen im Gange waren, Reinhefe zu verwenden, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika selbst in Großbetrieben 5 „allerersten Ranges" der Brenner, wenn er schlechte Gärungserfolge seiner Hefe zuschrieb, sich selbst eine neue Hefe machte, indem er eine passend bereitete Maische der Infektion durch die Luft aussetzte und diese „wilde Hefe" weiter züchtete. Wie in der Brauerei so ging jedoch auch in der Brennerei das Bestreben dahin, eine Mutterhefe, welche in 10 der abgelaufenen Kampagne bestimmte gute Eigenschaften gezeigt hatte, auch für die kommende zu erhalten. In früheren Jahren bildete die Konservierung der Hefe in den Gärungsbetrieben selbst im Inlande unter den damals herrschenden Verhältnissen eine Lebensfrage. Das gewöhnliche Verfahren in der Brennerei besteht darin, daß man die Hefe in ein ver- 15 schließbares Metallgefäß füllt und auf eine sehr niedere Temperatur bringt, indem man sie in den Vorraum eines Eiskellers stellt oder in der einfachsten Weise in das Wasser eines sehr kühlen Brunnens einhängt. Auch direkt im Eiskeller kann die Hefe übersommert werden. Vom historischen Standpunkt aus sei erwähnt, daß man in der Spiritusfabrik in Alborg in 20 Dänemark die Hefe in einer eisernen Bombe von birnenförmiger Gestalt aufbewahrte, welche an dem verjüngten Ende mit einem starken Hahn verschlossen war. Bei Verwendung der Hefe wurde ein Rohr, welches sich an dem Hahn befand, in das Hefengefäß geleitet und unter langsamem Oeffnen des Hahnes die stark aufschäumende Masse ausgespritzt. 25 Diese Art der Aufbewahrung scheint in dem patentierten Verfahren von SCHÜTZENBERGER und LÉON MAURICE (1) wieder aufgelebt zu sein, nach welchem die gut gewaschene Hefe mit sterilem Wasser in eine Art von Syphon eingefüllt und unter Druck, welcher in Verbindung mit gleichzeitig eingeführten Glas- oder Porzellankugeln eine gleichmäßige Ent- 30 leerung nach Bedürfnis ermöglicht, gehalten wird.

Sehr zahlreich sind die Vorschläge zur Aufbewahrung der Hefe unter **Zusatz von Konservierungsmitteln.** Hierbei spielt Zucker allein oder gleichzeitig mit anderen Zusätzen, wie Malzmehl oder getrocknete Stärke, eine Rolle. Durch Ueberstreuen der Hefe in halbfeuchtem Zu- 35 stande mit Zucker schmilzt derselbe und wirkt so konservierend. Auch Alaun, schweflige Säure, untersalpetrigsaures Wismut, Chinolin, Gerbsäure, Chloralhydrat und Salicylsäure wurden ausprobiert. Davon haben sich jedoch nur die drei letzteren, und zwar die Gerbsäure in der Menge von 0,5 g, das Chloralhydrat von 0,1 g und die Salicylsäure von 0,2 g 40 auf 100 g gepreßter Hefe, für die Konservierung förderlich erwiesen, ohne der Gärkraft zu schaden. HASSAL und HEHNER (1) waschen die Hefe zunächst 24 Stunden in dem dreifachen Volumen möglichst kalten Wassers. Hierauf wird ein halb so großes Quantum Wasser und dann soviel Kalkmilch oder Sodalösung zugesetzt, bis die Flüssigkeit nur noch 45 schwach sauer reagiert. Nach Zusatz von 42 g Salicylsäure oder salicylsauren Natrons auf 50 kg Hefe läßt man entweder die Hefe bis zum Gebrauch stehen oder setzt nach dem Abziehen des Wassers gleiche Mengen Malzmehl und Zucker im Verhältnis von 5 kg auf 100 kg Hefe hinzu und mischt jene gründlich mit der Hefe. Um die Gärfähigkeit der 50 Hefe zu erhöhen, wird außerdem der Zusatz eines löslichen Phosphates im Verhältnis von 225 g auf 100 kg Hefe empfohlen. Durch solche Zusätze vermag allerdings die Hefe bis zu einem gewissen Grad konserviert

zu werden; sie haben jedoch auch ihre sehr bedenkliche Seite, da sie auf die Hefe in der Weise einwirken können, daß deren Zusammensetzung sich wesentlich zu ungunsten ihrer Eigenschaften ändern kann. Gewöhnliche Betriebshefen bestehen aus einem Gemisch von Kultur-
5 hefenarten, Kahm- und anderen Pilzen sowie Bakterien, sei es nun, daß letztere, wie in der Brennerei und Preßhefenfabrikation, einen normalen, zum Teil notwendigen oder wie bei der Brauereihefe einen unerwünschten Bestandteil bilden. Flußsäure bzw. Fluorsalze begünstigen nach den Untersuchungen von ALFRED JÖRGENSEN und JUST. CHR. HOLM (1) gerade
10 eine Reihe von Krankheitskeimen, so daß sie überhandnehmen und die gute Kulturhefe unterdrücken. Aehnliches gilt zufolge E. CHR. HANSEN (5) für Weinsäure, wie auch für Karbolsäure und Salicylsäure (s. § 30 d. 6. Kap. d. IV. Bds.).

Die beste Aufbewahrungsmethode ist ebenso wie für die
15 Brauereihefe auch für die Brennereihefe das **Austrocknen.** Es wird sogar, wie E. KAYSER (5) berichtet, von manchen Winzern benutzt, um gute Weinhefe von einem Jahre zum anderen zu erhalten.

Im übrigen stehen bei uns heutzutage der Brennerei ebenso wie der Brauerei, welche jener in dieser Hinsicht in raschem Lauf voran-
20 geeilt ist, reingezüchtete Hefen von bestimmtem Charakter zu Beginn der Kampagne in ausreichender Menge zur Verfügung und sind selbst für die Säuerung der Maische Milchsäurebakterien in Reinkultur erhältlich. Die Brauerei, deren Arbeitsweise zwar schon in früheren Jahren eine hochentwickelte war, sich jedoch noch in dem handwerks-
25 mäßigen Stadium befand, war teils durch gesetzliche Schranken, teils durch äußere Verhältnisse gezwungen, den Betrieb während der Sommermonate einzustellen. Die Erhaltung des „Satzes“, der Samenhefe, war damals eine Hauptsorge des Braumeisters, und es stammen aus jener Zeit, in welcher oft jahrelang in dem gleichen Betrieb die gleiche Hefe
30 benützt wurde, mehr oder weniger erprobte Rezepte zur Aufbewahrung derselben. Aus historischem Interesse seien einige Verfahren, die uns teilweise heute gar sonderbar anmuten, angeführt. Schon im Jahre 1771 war, wie PAUPIÉ (1) mitteilt, ein Verfahren bekannt, die Hefe in trockenem Zustande aufzubewahren, wobei die mit Asche vermengte
35 Hefe mit Hilfe eines Tuches so viel als möglich von der Flüssigkeit befreit wurde. In den zu Anfang des folgenden Jahrhunderts erschienenen Werken über Bierbereitung, so z. B. bei BALLING (1), sind ausführliche Rezepte für die Konservierung von Bierhefe sowohl mit Hilfe von Zucker als auch unter Anwendung von pulverisierter Holz- oder Knochenkohle
40 angegeben.

BALLING (2) empfiehlt auch, die gewaschene und gepreßte Bierhefe direkt an der Luft zu trocknen. JEVERSON und BOLDT schlugen, wie L. VON WAGNER berichtet (1), vor, das Austrocknen in einem Vakuumapparat vorzunehmen und das verdunstete Wasser durch wasserentziehende
45 Stoffe, wie Chlorcalcium, zu binden. Schließlich wird die Hefe noch einem Strom von gewöhnlicher oder vorher ausgetrockneter Luft oder von Kohlensäure ausgesetzt. Nach den Angaben von P. LINDNER (1, S. 369) bestreichen norwegische Brennereien lange Leinwandstreifen mit Hefe, lassen sie austrocknen und bewahren sie zusammengerollt auf. Die dem
50 Brauer schon seit sehr langer Zeit bekannte konservierende Wirkung des Hopfens fand bei einem anderen Verfahren zur Aufbewahrung von Hefe in getrocknetem Zustande Anwendung. Frische, nicht gepreßte Hefe wurde mit soviel Hopfen vermischt, bis feste Ballen daraus ge-

formt werden konnten. Diese wurden an der Luft so lange getrocknet, bis die Hopfendolden wieder vollständig voneinander getrennt waren. Der Hopfen mit den an ihm haftenden Hefenzellen wurde in ein feines Netz gebracht und an einem trockenen, luftigen Ort aufbewahrt. Auch die Konservierung durch Trocknen bei höherer Temperatur war früher 5 schon üblich. Die Hefe wurde durch Pressen möglichst entwässert, langsam bei 31—56° C getrocknet, pulverisiert und mit gut gedarrtem Hopfen in Blechbüchsen gepreßt. Die luftdicht verschlossenen Büchsen wurden im Eiskeller aufbewahrt.

Mit dem Bekanntwerden von antiseptischen Mitteln suchte man die 10 Zersetzung der Hefe durch Zusatz von solchen, wie Salicylsäure, zu verzögern. Meist wurde die Hefe mit oder ohne Zusatz von feinem Hopfen stark abgepreßt und, in Blech- oder Holzgefäßen, wie Kisten oder Fässern, verpackt, aufs Eis gelegt. Diese Art der Konservierung wird auch heute noch zuweilen geübt. In manchen Brauereien ließ man sogar die 15 in Beuteln befindliche gepreßte Hefe steinhart gefrieren, um sie erst dann zu verpacken und auf Eis zu legen. Nach den Versuchen von AUBRY konservierte sich gepreßte Hefe, die in dem Gefrierkasten einer Eismaschine während 6 Stunden einer Temperatur von — 9 bis — 16° C ausgesetzt war, so daß sie fest gefror, in einem Eiskeller aufbewahrt, 20 sehr gut. Nach Mitteilungen von HANS VON DER PLANITZ (1), der die Hefe bis auf — 10 bis — 15° C durchfrieren ließ und in gefrorenem Zustand aufbewahrte, hat sich dieses Verfahren in der Praxis sehr gut bewährt. Auch ein Praktiker in Rußland berichtet, daß er eine Hefe, welche 18 Tage bei 40° Kälte auf der Reise war, noch mit sehr gutem 25 Erfolg verwendete. In gleicher Weise hat P. LINDNER (5) gute Erfahrungen mit gefrorener Hefe in der Praxis gemacht. Die Widerstandsfähigkeit gegen diese verhältnismäßig noch nicht sehr **niedrigen Temperaturen** erscheint nicht auffällig. Ertrugen doch in durch MELSENS (1) angestellten Versuchen Proben seiner Hefen — 91° C ohne merklichen 30 Schaden. Zu ähnlichen Ergebnissen ist später E. SCHUMACHER (1) gelangt, welcher bei ca. — 113° C gearbeitet hat. PICTET und YUNG (1) berichten jedoch, daß ihre Hefen, nachdem sie 20 Stunden bei — 130° C belassen worden waren, sich als unfähig erwiesen, Brotteig zu treiben also Gärung zu erregen. Dagegen kann Hefe nach den Angaben von 35 A. DOEMENS (1) selbst noch niedrigere Temperaturgrade, wie sie z. B. verflüssigte Luft darbietet (ca. — 190° C), kurze Zeit ohne Schädigung ertragen. Das Auftauen der gefrorenen Hefe muß langsam und bei niederer Temperatur geschehen.

Nach einem anderen Verfahren ließ man die Hefe mit einigen 40 Hektolitern konzentrierter Würze (16—18 Proz. BLLG.) die Hauptgärung durchmachen und brachte sie dann, auf ein Faß gefüllt, in einen möglichst kalten Lagerkeller. Auch in unvergorene, bis nahe auf den Nullpunkt abgekühlte Würze brachte man die dem Gärbottich entnommenene Hefe und stellte sie in einem flachen Gefäß im Eiskeller 45 auf. Sogar direkt mit geringen Mengen fertigen Bieres wurde die Hefe auf Fässer gefüllt, welche, gut verschlossen, bei + 1,2° C gelagert wurden. Zur Verhütung der Bakterienentwicklung wurde später der Zusatz einer Säure empfohlen. Man füllte die mit etwas frischem Hopfen vermischte Hefe auch in einen leinenen Schlauch und hängte 50 diesen in sogen. Scheps oder Nachbier und zwar Lagerbierscheps (mit ca. 7 Proz. Stammwürze). Auch in ein volles Lagerfaß hängte man den zugebundenen Schlauch. An Stelle der Würze trat eine 60-proz. Zucker-

lösung, in welcher die Hefe in der Kälte aufbewahrt wurde. Nach einem anderen Vorschlag sollte die gepreßte Hefe mit eingedicktem Malzextrakt auf Eis aufbewahrt werden.

Nach dem Uebergang der Brauerei zur Großindustrie mit ihrem kontinuierlichen Betriebe und seit Einführung der Hefenreinzucht in derselben spielt die Hefenfrage, wenigstens nach dieser Richtung hin und in unseren Gebieten, kaum mehr eine Rolle. Die kleineren Betriebe, welche durch natürliche Verhältnisse gezwungen blieben, wie früher ihre Haupttätigkeit auf die Wintermonate zu verlegen, kommen, wenn sie wieder mit dem Brauen beginnen, kaum mehr wegen einer Satzhefe in Verlegenheit, da heute solche von bester Qualität im Ueberfluß jederzeit angeboten wird. Der Versand von Bierhefe, der in einzelnen berühmten Braustätten schon in früheren Jahren einen kaum geahnten Umfang besaß, hat eher zu- als abgenommen. Regelmäßige Sendungen gehen, zum Teil in gepreßtem Zustande, einfach in Eis verpackt, in die größeren Betriebe aller Länder des europäischen Kontinents. Einer weitergehenden Konservierung bedarf die Hefe nicht, da diese Betriebsstätten meist an den großen Verkehrswegen liegen und teils zu Land, teils zu Wasser in kurzer Zeit erreicht werden können.

Große Bedeutung erlangt die Konservierung der Hefe für den eigenen Betrieb auch heute noch in den Ländern der tropischen Gebiete, welche während der heißen Jahreszeit nicht zu brauen vermögen und bei welchen die Erhaltung der Samenhefe große Schwierigkeiten bietet.

Auch die Konservierung der Hefe für den überseeischen Transport spielt heutzutage nicht mehr die Rolle, wie noch in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts. Die Hefenreinzucht bezeichnet auch nach dieser Richtung hin einen Wendepunkt. Die ausländischen Gärungsbetriebe, in erster Linie die Brauereien, hatten sofort den ungemein großen Wert der Reinzucht erkannt, und es wurden sehr frühzeitig Hefenreinzucht-Apparate in einzelnen Betrieben des Auslandes aufgestellt. Damit wurde aber der öfter auftretenden Hefennot wenigstens bis zu einem gewissen Grade Abhilfe gebracht. War schon der immer wieder notwendig werdende neue Bezug von Hefe hinsichtlich des Transportes mit manchen Schwierigkeiten verknüpft, so mußten die gewöhnlichen Betriebshefen, welche, wie wir jetzt wissen, wohl meist aus einer Mischung verschiedener Kulturhefenarten bestanden, mit allen ihren Verunreinigungen an fremden, oft schädlichen Organismen hingenommen werden. Allerdings waren früher, abgesehen davon, daß überhaupt andere Hefe nicht zur Verfügung stand und höhere Anforderungen an sie noch nicht gestellt wurden, selbst solche einfache Betriebshefen in hohem Grade da erwünscht, wo durch notgedrungen lange fortgesetzte Benützung einer einmal eingeführten Betriebshefe sich deren Zusammensetzung geändert und sie damit auch ihre guten Eigenschaften verloren hatte. Die Kulturhefe verschwand mehr und mehr, und wilde Hefe, Kahm usw. gewannen die Herrschaft, so daß manche im Ausland beispielsweise im Brauereibetrieb benützte Hefen wesentlich aus wilden Hefenarten bestanden. Kein Wunder, wenn das Produkt, welches ja ohnedies bei der oft noch recht primitiven und mangelhaften Einrichtung selbst verhältnismäßig großer Betriebe allzuweit gehenden Anforderungen nicht genügen konnte, noch weiter verlor, die Herstellung von klarem Bier überhaupt fast zur Unmöglichkeit wurde.

Für den überseeischen Transport wurden diese Betriebshefen auf das sorgfältigste vorbereitet und verpackt. Praktische Erfahrung hatte

die mannigfachen Schwierigkeiten, welche der Versendung einer so leicht verderbenden Substanz auf große Entfernungen unter wechselnden Temperaturen entgegenstanden, schon zu einer Zeit zu überwinden gewußt, als die Hilfsmittel des modernen überseeischen Verkehrs, welche die Entfernungen abkürzten und durch vorhandene Kühlkammern unterwegs 5 die Einhaltung für die Konservierung günstiger Bedingungen ermöglichte, noch nicht geboten waren. Letztere haben schon wiederholt den Versuch nahe gelegt, für den Versand selbst auf weite Strecken Hefe nur durch Verpacken der stark gepreßten und abgekühlten Masse mit schlechten Wärmeleitern wie Holzasche und Sägespähnen mit Erfolg zu 10 konservieren. Auf verhältnismäßig kürzeren Strecken können selbst diese, allerdings nur unter Opferung eines größeren Teiles der Hefe, weggelassen werden.

Die Einrichtung mit allen technischen Neuerungen ausgestatteter Braustätten im Auslande, die sich sogar in einzelnen Fällen auf Be- 15 triebslaboratorien mit entsprechend vorgebildeten technischen Beamten erstreckt, hat weiter dazu beigetragen, wenigstens für gewisse Gegenden, den Bezug größerer Mengen von Betriebshefe etwas zurückzudrängen, da von diesen Stellen aus der lokale Bedarf teilweise befriedigt werden kann. In Hinsicht auf Konkurrenzunternehmungen herrscht im Ausland 20 vielfach bezüglich der Abgabe von Hefe eine gewisse Zurückhaltung.

Das Bedürfnis nach Einführung von neuer Hefe, insbesondere solcher von bestimmter Abkunft und berühmten Braustätten, bleibt also auch noch in diesem Falle bestehen, jedoch kommen dabei in der Regel nicht mehr so umfangreiche Sendungen wie früher in Betracht. Die Ueber- 25 mittlung von Reinkulturen nach den Angaben von Emil Chr. Hansen in kleinen, auf steriler Watte eingetrockneten Proben (s. Bd. IV, S. 114), oder die Herstellung solcher aus kleinen Proben von Betriebshefe durch sachkundige Hand an Ort und Stelle ist gegenüber den mannigfachen Schwierigkeiten, welche mit der Versendung großer Mengen von frischer 30 und selbst von getrockneter Hefe verbunden sind, von sehr einfacher Art. Sogar verhältnismäßig große Mengen von Reinhefe kommen in flüssigem Zustand in besonders konstruierten Gefäßen zur Beimpfung von Reinzuchtapparaten auf sehr weite Strecken zum Versand.

Die ausländischen Gärungsbetriebe im engeren Sinne sind es aber 35 nicht allein, welche ein Bedürfnis nach Hefe haben, sondern das alltägliche Leben verlangt für Backzwecke nach Hefe in haltbarer und praktischer Form. Die Gärungsbetriebe bedürfen verhältnismäßig großer Mengen von Hefe, welche mit einem Male zur Verwendung kommen, der tägliche Konsum jedoch in jedem einzelnen Falle nur 40 verhältnismäßig geringer Mengen. Während bei den Betriebshefen die Form der Konservierung kaum von Bedeutung ist, wenn sie nur geeignet erscheint, eine möglichst große Anzahl von Hefenzellen am Leben zu erhalten, kommt es bei der zu Backzwecken konservierten Hefe auch noch darauf an, daß sie in eine handliche Form gebracht wird, die es 45 gestattet, bestimmte kleine Mengen ohne weiteres in Anwendung zu bringen. Für Backzwecke kommen Getreidepreßhefe, obergärige Bierhefe oder entbitterte untergärige Bierhefe in Betracht. Zwar ist bei der zu Backzwecken bestimmten Hefe eine geringe Verunreinigung durch fremde Organismen nicht vorteilhaft, jedoch ist sie nicht gefährlich, da 50 die nachfolgenden Generationen in der Regel keine Verwendung finden. Dagegen dienen bei Betriebshefen gerade die neuen Generationen zur Betriebsführung; die Reinheit der Hefen, die Abwesenheit von fremden

Organismen, welche die schwersten Störungen der mannigfachsten Art hervorzurufen vermögen, sichert den längeren erfolgreichen Gebrauch Bei den Betriebshefen hat eine durch die Konservierung bedingte geringe Schwächung der Hefenzellen nicht die Bedeutung wie bei der zu 5 Backzwecken bestimmten Hefe, welche innerhalb einiger Stunden möglichst rasch wirken soll. Betriebshefe kann durch eine geeignete Behandlung wieder gekräftigt und zur vollen Leistungsfähigkeit gebracht werden.

§ 27. Die Lebensdauer von Hefe in feuchtem und in trockenem 10 Zustande und die Faktoren, welche auf jene einwirken.

Der Zweck der Konservierung ist der, die Hefe für eine Aufbewahrung während längerer Zeit widerstandsfähig und für den Transport geeignet zu machen. Die geringe Widerstandsfähigkeit wird dadurch bedingt, daß sie aus lebenden Organismen mit einem sehr hohen Wasser- 15 gehalt (70—75 Proz.) besteht, deren Körper in der Hauptsache aus sehr leicht zersetzbaren Substanzen besteht. Selbstgärung und gesteigerte Atmung bei direkter Berührung mit der Luft und bei höherer Temperatur unter Aufzehrung nicht nur der angehäuften Reservestoffe sondern schließlich der eigenen Körpersubstanz (Autolyse), sowie die dabei er- 20 zeugten Stoffwechselprodukte sind weitere gewichtige Momente, welche für die Konservierung von Hefe in Betracht kommen. Glycogenhaltige Zellen der Brennereihefen *Rasse II* und *Rasse XII* lebten nach den Beobachtungen von HENNEBERG (3) länger als glycogenfreie. Uebrigens verhalten sich absolute Reinkulturen in feuchtem Zustande teilweise 25 anders als abgepreßte Fabrikhefe.

Bei der Berührung der Hefe mit Luft, insbesondere wenn sie zu trocken gepreßt und zu locker gestopft ist, erwärmt sie sich ziemlich stark. J. HERON (1) hat die aufeinanderfolgenden Stadien der Zersetzung an einer gepreßten Londoner Brauereihefe beobachtet. Die Temperatur 30 war anfänglich 14° C; nach 8 Stunden war sie auf 32° C gestiegen, und das Hefenbrot zerfiel in mehlige Stücke. Am folgenden Tag war die Hefe unter Auftreten ganz charakteristischer Erscheinungen in den Zellen weich und schmierig und verflüssigte sich bald vollständig. Sie nahm dabei einen unangenehmen Käsegeruch an. Luftabschluß wirkt 35 auf die verschiedenen Hefenrassen teils günstig (bei Fabrikhefen wahrscheinlich infolge der abgehaltenen Oberflächenvegetation) teils ungünstig. Bei Luftzutritt können stärker infizierte Hefen durch Beförderung der Entwicklung der schädlichen Organismen rasch absterben.

In einer locker gestopften Büchse scheiden sich da, wo Hohl- 40 räume vorhanden sind, Wassertropfen aus. Wenn sich Fäulniskeime in der Hefe befinden, so bilden diese den Ausgangspunkt für größere Fäulnisherde. Die Hefe nimmt dann an diesen Stellen eine dunklere bis bläuliche Farbe an. Die gewöhnlich in der Hefe vorkommenden Bakterien, welche die Gärung zu überdauern vermögen, wie *Sarcina* und 45 manche Milchsäurebakterien, bewirken keine Fäulnis. Fäulniserreger können beim Waschen der Hefe in diese eingeführt werden. Sie kommen jedoch erst nach dem Absterben der Hefe zur Geltung. Die Reinheit der Hefe spielt jedenfalls hinsichtlich der früher oder später auftretenden Zersetzung eine wesentliche Rolle. P. LINDNER (3) konnte 50 eine nach dem Lufthefenverfahren (s. Bd. IV, S. 124) hergestellte, sorg-

fältig in eine Blechbüchse gestopfte Reinhefe 9 Monate lang bei einer Zimmertemperatur bis 19° C aufbewahren, ohne daß die Gärkraft sowie das Aussehen und der Geruch wesentlich gelitten hatte.

Nach den exakten Versuchen von W. Henneberg (1 u. 3) an Hefen, welche sich in einem der Preßhefe möglichst ähnlichen, etwas feuchten Zustande befanden, und an Fabrikpreßhefen verkürzt Kahmhefe das Leben der Hefenzellen: durch Heubazillen und *Penicillium glaucum*, ebenso durch bestimmte Milchsäurebakterien-Arten, durch Essigbakterien (insbesondere in obergärigen Bierhefen), ferner durch *Bact. coli commune*, *B. Proteus Zenkeri*, *B. Proteus Hauseri*, *B. prodigiosus* und andere werden sie abgetötet. Die Hefenenzyme hemmen diese Bakterien teilweise in der Entwicklung. Die Organismen verleihen der sich zersetzenden Hefe einen besonderen Geruch. Durch die Gegenwart einiger Arten entsteht ein deutlicher Käsegeruch, bei anderen ein unangenehmer Fäulnisgeruch. Schwefelwasserstoffbildung wurde häufig in Fabrikhefen beobachtet. Die Bakterien- und Schimmelpilzentwicklung bedingt teils eine alkalische, teils eine saure Reaktion der Hefe. *Oidium lactis*, welches in Reinkulturen schädlich ist, wirkt in Brennereihefen (Fabrikhefen) als Decke günstig.

Die **Lebensdauer** der Hefe **in feuchtem Zustande** ist von dem Wassergehalt, der Hefenrasse und dem Zellindividuum abhängig. Wenige widerstandsfähige Zellen überleben lange die Hauptmenge. Die Art und Weise der Herzucht bedingt ebenfalls eine längere oder kürzere Lebensdauer. Bei je niederer Temperatur die Hefe lagert, desto länger bleiben die Zellen am Leben. Zufolge Henneberg sind 12° C schon viel ungünstiger als 7° C. Bei 7° C lebte nach 120 Tagen bei Hefe *Frohberg* noch etwa ein Fünftel aller Zellen. Hefe *Frohberg* lebte bei 22° C ungefähr 3 Wochen, über 30° C weniger als 1 Woche, *Rasse II* und *Rasse XII* wie Hefe *Frohberg* bei 22° C etwa 3 Wochen, wenn auch nur in einer geringen Zahl von teilweise als „Reservezellen" ausgebildeten Zellen. In Gefäßen mit größeren Hefenmengen sterben die Zellen wahrscheinlich infolge Anhäufung der Stoffwechselprodukte im allgemeinen früher ab als in geringerer Hefenmenge. Aus demselben Grunde sterben die Zellen in der Tiefe früher ab, während sie auf der Oberfläche länger am Leben bleiben. In wasserhaltigem Zustande ist also die Lebensdauer der Hefe eine verhältnismäßig kurze.

Die Verflüssigung (Autoplasmolyse) der gepreßten Hefe hängt nach den Versuchen von A. Harden und S. Rowland (1) sowie von W. Henneberg (3) auch von der Temperatur ab. Eine 4 Tage nach dem Abschäumen gepreßte Hefe brauchte in Kohlensäureatmosphäre bei 14° volle 16 Tage, bei 50° nur $1\frac{1}{2}$ Stunden zur Verflüssigung. Auch bei niederer Temperatur wird gepreßte Hefe unter Umständen verhältnismäßig rasch flüssig. Unter möglichstem Ausschluß von Luft in Büchsen gepreßte und eingelötete reingezüchtete Bierhefe war nach den Beobachtungen von H. Will bei 6° C nach anderthalb Monaten fast vollkommen flüssig, in der obersten Schicht fast wässerig. Die Farbe der Hefe hatte sich nicht geändert, jedoch war ein scharfer, aber nicht unangenehmer aromatisch-weiniger Geruch bemerkbar. Die Verflüssigung der gepreßten Hefe ist nicht immer ein Anzeichen dafür, daß alle Hefenzellen abgestorben sind. Im vorstehenden Falle fanden sich nur wenige tote Zellen vor, und es zeigte die Hefe, in Würze gebracht, nach 3 Tagen lebhafte Gärung. Nach den Beobachtungen von W. Henneberg (2 u. 3) findet ein Weichwerden der Hefen schon bei 10—20 Proz. abgestorbener

Zellen statt. Das Weich- und Flüssigwerden ist hauptsächlich durch den Austritt des Vakuolensaftes, in geringerem Grade durch das bei der Atmung entstehende Wasser bedingt. Das Weichwerden ist, abgesehen von der Temperatur, auch von der Hefenrasse, der Anzahl der abgestorbenen 5 Zellen, der Menge des aus den Zellen ausgetretenen Wassers und der Infektion abhängig. Untergärige Hefe ist im allgemeinen am frühesten flüssig.

Die Konservierungstätigkeit muß in erster Linie dahin gerichtet sein, den **Wassergehalt** auf ein möglichst geringes Maß herabzu- 10 mindern, ohne dabei die Lebensfähigkeit der Hefe allzusehr zu beeinträchtigen. Ein relativ hoher Wassergehalt erhält allerdings die Gärkraft, beeinträchtigt jedoch die Haltbarkeit. Bis zu welchem Grade der Wassergehalt herabgesetzt werden kann, läßt sich noch nicht mit Sicherheit angeben, doch scheint der günstigste Wassergehalt für Hefe, 15 welche mit verschiedenen indifferenten Substanzen gemischt ist, nach den eine lange Reihe von Jahren umfassenden Beobachtungen von H. WILL (3) zwischen 3 und 6 Proz. zu liegen. Von Wichtigkeit ist jedoch, daß bezüglich des Wassergehaltes der Hefenzellen ein kritischer Punkt besteht, der zwischen 20 und 15 Proz. liegt. Wird der Wasser- 20 gehalt noch weiter vermindert, so nimmt die Lebensfähigkeit und die Gärkraft unverhältnismäßig rasch ab. Nach O. REINKE (3) darf die Hefe nicht unter 30 Proz. Wassergehalt getrocknet werden. Zwischen diesen beiden einander entgegenstehenden Faktoren den möglichst günstigsten Mittelweg zu wählen, dessen Richtung noch durch eine Reihe 25 anderer, in den Hefenzellen selbst gelegenen Art- und Rasseeigenschaften sowie in dem „physiologischen Zustand", in welchem sich die Zellen bei Anfertigung der Konserve befinden, bedingt wird, darin besteht die Kunst, eine Hefenkonserve von möglichst hoher Gärkraft und möglichst langer Lebensdauer herzustellen.

30 Von Bedeutung ist, daß die Gärkraft der Hefe, wie schon HAYDUCK (1) feststellte, schon beim **Waschen** und **Schlämmen**, wenn auch nur in geringem Grade, geschwächt wird. Die Härte des Wassers spielt hierbei eine ausschlaggebende Rolle, und es wird auch allgemein von Praktikern empfohlen, Hefen, welche konserviert werden sollen, mit 35 hartem Wasser zu waschen. Nach den Untersuchungen von H. WILL (2) zeigte die Gärkraft einer Hefe schon nach einem 10 Minuten andauernden Schütteln und einstündigem Verweilen unter Wasser eine Verminderung um 15,1 Proz. In anderen Fällen betrug allerdings der Unterschied in der Gärkraft gegenüber der ursprünglichen Hefe nur 40 5 bzw. 3 Proz. LUFF (1) fand beim Schlämmen bis zu 1 Stunde so gut wie gar keine Schwächung; die Hefe nahm sogar bei Anwendung genügend harten Wassers Mineralstoffe auf. Länger andauerndes Wässern der Hefe mit weichem Wasser ist jedenfalls nach Mitteilungen von F. ČERNÝ (1) und SEYFFERT (1) zu vermeiden. Die Hefen werden nicht 45 nur geschwächt, sondern können selbst allmählich völlig degenerieren. Wenn auch eine verhältnismäßig geringe Schwächung der Hefe durch das Waschen und Schlämmen bei unmittelbarer Verwendung in nassem Zustande kaum von Nachteil ist, da sie sich sehr rasch wieder erholen kann, ja sogar, wie von H. FISCHER (1) und MUNSCHE (1) sowie BODEN- 50 STEIN (1) hervorgehoben wird, kräftiger und höher vergärt, so hat diese Schwächung für die Konservierung der Hefe mit oder ohne Beimengungen um so mehr Bedeutung, als durch sie ein weiterer ungünstiger Faktor, welcher auf die Erhaltung einer möglichst hohen Gärkraft und

möglichst langen Lebensdauer einwirkt, gegeben ist. Bei lagernder gepreßter Hefe wechselt nach den Ausführungen von M. DELBRÜCK (2) die Gärkraft nach der Temperatur; sie steigt zunächst mehr oder minder rasch und hoch an, um sich dann ebenso wieder zu verringern. Obergärige Hefen vertragen in Beziehung auf die Gärkraft eine viel höhere Temperatur als untergärige.

In je größerem Umfang die Gärkraft selbst in den abgestorbenen Hefenzellen der Konserve erhalten bleibt, einen um so größeren Schutz wird jene bei der Verwendung gegen die in der Würze und in der Hefe selbst vorhandenen Bakterien so lange gewähren, bis sich die überlebenden Zellen gekräftigt und stärker vermehrt haben.

Wie lange kann getrocknete Hefe in lebens- und entwicklungsfähigem Zustande bleiben, und welche Faktoren wirken hierauf ein? Die Antwort der ziemlich umfangreichen Literatur über die **Lebensdauer** der Hefe **in trockenem Zustande** lautet sehr verschieden. Vereinzelte Angaben aus sehr früher Zeit, wie beispielsweise von STÖCKHARDT (1) über lange Lebensfähigkeit von Hefe, besitzen natürlich nach dem völlig geänderten Maßstab, den wir jetzt an derartige Untersuchungen anzulegen pflegen, höchstens ein historisches Interesse. Größeres Gewicht ist den von BALLING in seinem oben zitierten Buche gemachten Angaben beizulegen, nach welchen die mit Holz- oder Knochenkohle vermischte und an der Luft getrocknete Hefe sich länger als ein Jahr hielt.

Einzelne Arten von Hefe sind schon gegen das Austrocknen überhaupt ungemein empfindlich, und es ist jedenfalls infolgedessen auch ihre Lebensfähigkeit auf eine sehr kurze Zeit beschränkt. O. BREFELD (1) gibt an, daß trocken aufbewahrte Kulturhefe schon nach 14 Tagen ihre Keimkraft verliert. Nach KAYSER (1) vertrug eine aus Augustiner-Flaschenbier reingezüchtete Hefe nicht nur nicht die geringste Erwärmung nach dem Austrocknen, sondern sie überdauerte zuweilen nicht einmal das Austrocknen bei gewöhnlicher Temperatur. Aehnlich verhielten sich nach demselben Autor (2) eine Champagne-Hefe sowie *Saccharomyces lactis* DUCLAUX, welch letzterer Sproßpilz dem Austrocknen bei 25° C nicht widersteht. Gleich empfindlich sind nach den von verschiedenen Seiten vorliegenden Angaben, wie HANSEN (2) und KAYSER (2), einige Arten von *S. apiculatus*. Die Zellen scheinen nur dann so schnell abzusterben, wenn sie einzeln oder in einer sehr dünnen Schichte liegen. In dickeren Schichten halten sie sich jedoch mehrere Monate lang lebendig. Wenn P. SWAN (1) angibt, daß die von ihm beschriebene, sporenbildende rote Hefe nicht wieder zum Leben erwachte, nachdem die vegetativen Zellen 12 Tage an der Sonne getrocknet waren, so ist hier der zerstörenden Wirkung des Sonnenlichtes auch ein Hauptanteil an der kurzen Lebensdauer beizumessen. Im Gegensatz hierzu stehen die allerdings nur ganz allgemein gehaltenen Angaben von HOFFMANN (1), daß an der Luft getrocknete Hefe (wie es scheint beliebig lange) aufbewahrt werden kann, ohne daß sie merklich an ihrer Gärkraft einbüßt. PASTEUR (1) fand, daß mit Gips gemischte obergärige Bierhefe sowie Weinhefe nach 6—7 Monaten noch lebende Zellen enthielt. WIESNER (1) übertrug eine 8 Monate alte, lufttrockene Hefe (ob Bier- oder Preßhefe ist nicht ersichtlich) von etwa 13 Proz. Wassergehalt in 25-proz. Zuckerlösung, worin sie nach 25 Minuten eine intensive Gasentwicklung hervorrief. Den Mitteilungen von REINKE (2) zufolge war nach der von ihm angegebenen Methode für weiteren Transport (durch Verpacken mit

Gips) konservierte Reinzuchthefe noch nach 12 Monaten brauchbar. Durch eine außerordentliche Resistenz bemerkenswert sind die Zellen von *Saccharomyces Hansenii* ZOPF (1). SCHRÖDER (1) fand Bierhefe nach 17-wöchentlicher Austrocknung noch lebensfähig.

5 Als Resultat der Versuche, welche HANSEN (2 u. 11) mit zwischen sterilisiertem Fließpapier konservierter Hefe bis zum Frühjahr 1883 angestellt hatte, teilt er mit, daß sie in einigen Fällen ihre Lebenskraft während 20, in anderen nur 5 Monate bewahrt hatte. Bei späteren Versuchen hat HANSEN gefunden, daß ein vollständiges Aussterben der 10 zwischen Fließpapier konservierten Hefe nicht früher als nach ungefähr 5 Monaten stattfindet, und daß die meisten Arten unter den angegebenen Verhältnissen ein zweijähriges Leben nicht erreichen: nur eine Probe war nach $2^1/_2$ Jahren noch lebendig. Die im Jahre 1898 von HANSEN (6) mitgeteilten Versuche, in welchen Reinkulturen der Hefen auf Filtrier-15 papier, Watte und Platindraht getrocknet wurden, zeigten beträchtliche Schwankungen. *S. cerevisiae* war schon nach $5^1/_4$ Monaten tot, *S. Ludwigii* (*Saccharomycodes Ludwigii* E. CHR. HANSEN) nach 1 Jahr noch lebend, nach 2 Jahren tot. Die Sporen besaßen unter diesen Bedingungen allerdings keine besondere Langlebigkeit, immerhin blieben 20 sie viel länger lebensfähig — bis zu 2 Jahren — als die entsprechenden vegetativen Zellen. Auf Watte erhielten sich die Arten bis zu 3 Jahren am Leben; bei allen waren aber auch Sporen gebildet worden. Auf den Platindrähten starben die in sehr dünner Schichte angetrockneten Arten teilweise schon innerhalb 5 Tagen ab: andere, wie 25 *S. Marxianus* und *S. anomalus* (*Willia anomala* E. CHR. HANSEN), waren nach 100 bzw. 80 Tagen noch lebendig. Die Sporen blieben unter den gleichen Verhältnissen viel länger lebenskräftig.

Nach CL. BERNARD (1) erzeugte getrocknete Hefe noch nach zweijähriger Aufbewahrung Gärung. Auch soll nach demselben Autor frische 30 Hefe durch einen 3—4-tägigen Aufenthalt in absolutem Alkohol nicht getötet worden sein.

KAYSER (4) schließt aus seinen Versuchen, daß bei der Konservierung von an der Luft oder an der Sonne getrockneten und dann in Blechbüchsen unter Abschluß von Luft und Feuchtigkeit aufbewahrten 35 Trauben die Lebensfähigkeit der Hefen nicht über 3 Jahre hinausgeht. DUCLAUX hatte bereits festgestellt, daß nach 23-jähriger Aufbewahrung von Trauben keiner der auf ihnen befindlichen Organismen lebensfähig war. Außerdem konservierte KAYSER vegetative Zellen sowie Gemenge von vegetativen Zellen und Sporen von obergäriger Bierhefe, Weinhefe 40 und *S. Pastorianus* durch Auftragen auf steriles Fließpapier. Die Hälfte der Röhrchen, in welchen sich die Papierstreifen mit der Hefe befanden, wurde im Laboratorium im zerstreuten Tageslicht, die andere Hälfte im Thermostaten bei 28° C aufbewahrt. *S. Pastorianus* lebte nach 2 Jahren nicht mehr, die Sporen waren jedoch nach $3^1/_2$ Jahren noch lebens-45 kräftig. Die beiden anderen Hefen lebten 4 Jahre; ihre Sporen haben sich dagegen annähernd 5 Jahre lebensfähig erwiesen. Schon früher hatte KAYSER (3) angegeben, daß sporenhaltige Weinhefe (Reinkulturen) nach mehr als einem Jahre noch nicht tot war. Sie war mehr und mehr schwieriger zu beleben, ebenso vermehrte sie sich nicht in 50 allen Flüssigkeiten und bei allen Temperaturgraden. In diesem Falle wurde die auf Filtern befindliche Hefe zuerst im Trockenschrank bis zu einem gewissen Grad getrocknet. Hierauf wurden die Filter zerschnitten,

in Kolben verteilt und wieder in den Trockenschrank zu 25—28° C gebracht.

Aus den Versuchen von Schumacher (1) mit lufttrockener Preßhefe, welche in gegen den Zutritt von atmosphärischen Keimen geschützten Gefäßen völlig abgesperrt war, ergibt sich, daß die Zellen derselben nach vierjähriger Aufbewahrung abgetötet und überhaupt unfähig zur Einleitung von Gärung waren. Dagegen überdauerten gleichzeitig anwesende *Mucor*-Sporen (und Bakterien) diese mehrjährige Aufbewahrung. Ob gewöhnliche Hefe nach 3 Jahren noch als lebensfähig anzusehen ist, bleibt dagegen zweifelhaft.

Nach meinen eigenen Beobachtungen konnten auf Watte, welche sich in Freudenreich-Kölbchen befand, in dünner Schichte aufgetragene untergärige Bierhefen nach 5 Jahren, während welcher Zeit die Kölbchen im Laboratorium gestanden, nicht wieder zum Leben erweckt werden. Einige von mir (5) mit der Reinkultur einer *Mycoderma*-Art durchgeführte Versuche bestätigten schon früher gemachte Beobachtungen, daß die ebenfalls auf Watte angetrockneten *Mycoderma*-Zellen sehr lange, im vorliegenden Falle mindestens 2 Jahre, am Leben bleiben können. Niedere Temperatur ist für diese wie bei Hefe für eine längere Lebensdauer in trockenem Zustande günstiger als höhere. Außerdem spielt sehr wahrscheinlich auch hier der Wassergehalt der getrockneten Zellen eine Hauptrolle.

Bei der Beurteilung aller dieser Versuchsergebnisse sind die mit rein vegetativen Zellen und die mit Sporen erzielten streng auseinander zu halten, nachdem ja die Sporen im allgemeinen von vornherein nach ihrer Organisation und, wenigstens bei Fadenpilzen, häufig durch eine spezielle morphologische Ausbildung in höherem Grade befähigt sind, ungünstigen äußeren Einflüssen einen längeren Widerstand entgegenzusetzen als die vegetativen Zellen. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß das Gärvermögen einer konservierten Hefe allein noch nicht für den Nachweis genügt, daß sie noch lebens- und entwicklungsfähig ist. Auch nicht mehr entwicklungsfähige Hefezellen vermögen ja, wie Will (3) zuerst mit Sicherheit beobachtet hat, noch Gärung zu erregen. Zuweilen wird durch Hefenkonserven noch eine verhältnismäßig lebhafte Gärung eingeleitet; es kommt dabei jedoch nur die in den toten Zellen vorhandene Zymase zur Geltung (vgl. d. 17. Kap. d. IV. Bds.).

Die längste Lebensdauer also, welche angegeben wird, beträgt für die vegetativen Zellen einer Weinhefe und einer obergärigen Bierhefe in trockenem Zustand 4 Jahre, während die Sporen derselben Hefen sich annähernd 5 Jahre lebensfähig erhalten hatten. Diese Zeitangaben besitzen um so mehr Wert, als sie sich auf Reinkulturen und nicht auf gewöhnliche bakterienhaltige Bier- und Weinhefe bzw. Preßhefe, wie die meisten älteren, beziehen, wobei unter den überlebenden Hefenzellen nicht einmal wenigstens die beiden Gruppen der Kulturhefe und der wilden Hefe unterschieden werden konnten.

Die angegebene Zeitdauer steht hinter der von H. Will (4) beobachteten weit zurück. Nachdem sich in einzelnen der von ihm aus gewöhnlicher Bierhefe unter Beimengung verschiedener Substanzen hergestellten Hefenkonserven längst keine Kulturhefenzellen mehr in lebensfähigem Zustande befanden, entwickelte sich aus ihnen doch noch wilde Hefe. Sie war es auch allein, welche in der am längsten (17 Jahre und 3 Monate) beobachteten Asbestkonserve noch Leben besaß. Die wilden Hefen wiesen also auch hier eine viel größere Lebenszähigkeit

und Lebensdauer auf als die Kulturhefen. Diese Zähigkeit ist um so höher anzuschlagen, als die wilden Hefen jedenfalls nur in geringer Zahl den zum Versuch verwendeten Bierhefen als Verunreinigung beigemengt waren. Nicht alle wilden Hefen dürften jedoch unter den gegebenen Bedingungen eine so lange Lebensdauer besitzen; *S. apiculatus* beispielsweise, der nach 8 Jahren in einer Holzstoffkonserve noch nachzuweisen war, fand sich in der gleichen Konserve nach $10^{1}/_{4}$ Jahren lebend nicht mehr vor. Jedenfalls sind also nicht alle zur Gruppe *S. apiculatus* gehörigen Arten so empfindlich, wie es nach den Angaben von Kayser und Hansen den Anschein gewinnen könnte. Auch bei anderen Hefenarten darf nach den vorliegenden Beobachtungen eine geringere Lebensdauer angenommen werden. Von den Kulturhefen sind die obergärigen Bierhefen offenbar empfindlicher als die untergärigen, wenn aus dem Verhalten der wenigen beobachteten Konserven ein allgemeiner Schluß gezogen werden darf. P. Lindner (5) hat die gegenteilige Erfahrung gemacht. Nach 7 Jahren kamen aus den von Will mit obergäriger Brauereihefe hergestellten Konserven nur wenige Kulturhefenzellen zur Entwicklung, nach $10^{1}/_{4}$ Jahren waren alle Zellen abgestorben. Dagegen enthielt eine aus untergäriger Bierhefe hergestellte Holzkohlenkonserve sogar nach 13 Jahren und 2 Monaten noch lebens- und entwicklungsfähige Kulturhefenzellen und zwar sichtlich noch in größerer Zahl.

Die von den verschiedenen Beobachtern gemachten Angaben besitzen nur einen relativen Wert; sie sind nur für die gegebenen Versuchsbedingungen gültig. Hierin ist jedenfalls, wenigstens teilweise, der Grund für die soweit voneinander abweichenden Beobachtungsergebnisse zu suchen, Verhältnisse, auf welche einzelne der Beobachter bereits hingewiesen haben. Abgesehen davon, daß die verschiedenen Hefenarten eine recht verschiedene Widerstandsfähigkeit schon gegen das Austrocknen allein zeigen, ist auch die Lebensdauer verschiedener Arten oder Rassen unter gleichen äußeren Bedingungen sehr verschieden; einzelne Arten werden durch das Austrocknen mehr geschwächt als andere und sterben infolgedessen auch eher ab. Auch das Alter und die Abstammung der Hefe ist zweifellos von Einfluß auf ihre Lebensdauer in getrocknetem Zustande. In je kräftigerem Zustande die Hefe getrocknet wird und je mehr sie sich in diesem Zustande während des Trocknens erhält, je weniger sie durch Selbstgärung und Selbstverdauung während des Trocknens von ihren Reservestoffen eingebüßt hat und je weniger die Konstitution der Zelle durch das Austrocknen erschüttert wurde, desto länger wird sie ihre Lebenskraft unter günstigen äußeren Bedingungen erhalten. Dies trifft aber wohl im allgemeinen bei den jugendlichen, in einen gewissen Ruhezustand nach der Hauptgärung übergegangenen Zellen der Bierhefe zu. Bei der Konservierung durch Trocknen nach innigem Vermischen der Hefe mit indifferenten Stoffen, also bei sehr starker Verteilung der Zellen, insbesondere auch während des Trocknens bei erhöhter Temperatur, werden die Zellen jedenfalls nicht unbedeutend geschwächt; es findet eine sehr lebhafte Selbstgärung und Atmung und damit ein rascher Verbrauch der aufgespeicherten Reservestoffe, in erster Linie des Glycogens, statt. Ob die Hefe in dünner oder in dicker Schichte eingetrocknet wurde, kommt bei der Frage nach der Lebensdauer ebenfalls in Betracht. Gealterte und in ihrem Plasmaleib sowie in den Reservestoffen reduzierte Zellen, außerdem solche, deren Inhalt bereits Anzeichen des beginnenden Zerfalles an sich trägt, werden naturgemäß das Austrocknen weniger leicht überstehen. Es ist

ja sehr wahrscheinlich, daß mit der Entziehung des Vegetationswassers auch andere Veränderungen im Plasma beschleunigt werden und so die Zelle dem rascheren Untergang zugeführt wird. Beschleunigt kann bei Anwendung gewöhnlicher Bier-, Preß- und Weinhefe die rasche Herbeiführung des Lebensendes der getrockneten Zellen werden infolge einer während des Trocknens stattfindenden Schwächung derselben durch eine ausgiebige Bakterienentwicklung, zumal wenn das Austrocknen bei gesteigerter Temperatur sehr langsam vor sich geht. Je rascher das Trocknen erfolgen kann, desto geringer wird auch die Wirkung der höheren Temperaturgrade auf die Hefenzellen sein. Selbstverständlich findet auch eine Schwächung von Reinkulturen beim Trocknen in fehlerhaft konstruierten Apparaten statt.

Daß auch die Abstammung der Zellen für die Widerstandsfähigkeit überhaupt und insbesondere auch gegen das Austrocknen von Bedeutung ist, geht aus den Untersuchungen von KAYSER (1) hervor. Während die vegetativen, direkt aus solchen gezüchteten Zellen der Augustinerhefe (Reinkultur) zuweilen selbst ein Austrocknen bei gewöhnlicher Temperatur nicht vertrugen, hielten die aus den bei 116° C erhitzten Sporen gewonnenen vegetativen Zellen derselben Hefe sehr leicht das Austrocknen und das Erhitzen aus.

Neben der Höhe des Wassergehaltes, der verschiedenen Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Arten, dem Alter und der Abstammung der Hefe ist der Zutritt bzw. die Absperrung der Luft und des Lichtes sowie die Höhe der Temperatur während der Aufbewahrung der getrockneten Hefe für die Lebensdauer von hervorragender Bedeutung. Nach den Beobachtungen von H. WILL erhöht niedere, um 0° sich bewegende Temperatur die Lebensdauer, höhere verkürzt dieselbe. Abschluß der Luft verlängert die Lebensdauer.

Das Trocknen der Hefe an der Sonne ist nach den Beobachtungen von MARTINAND (1) jedenfalls für die Erhaltung der Lebensdauer der Hefe von Nachteil. Hierbei wirken Wärme und Licht zusammen. Im übrigen verträgt die Hefe nach den Erfahrungen, welche H. WILL bei der Herstellung von Hefenkonserven gewonnen hat, im allgemeinen Temperaturen bis zu 40° C recht gut. Auf getrocknete Hefe können sogar noch viel **höhere Temperaturgrade** ohne wesentliche Schädigung kurze Zeit einwirken. Aeltere Angaben hierüber können allerdings wegen der Mangelhaftigkeit der Arbeitsweise nicht berücksichtigt werden. So z. B. nicht diejenige von CAGNIARD-LATOUR (1) und die von HERM. HOFFMANN (1), welch letztere schon von J. WIESNER (1) angezweifelt worden ist, ebensowenig diejenige von MARIA MANASSEIN (1). Bei 40° C getrocknete Preßhefe erwies sich bei Versuchen von GRONOW (1) nach achtstündigem Verweilen bei 70° C noch lebensfähig. *Sacch. lactis* ADAMETZ ertrug bei den Versuchen von E. KAYSER (1) noch 118° C ganz gut. Der *Sacch. Zopfii* überdauerte zufolge A. ARTARI (1) eine fünf Minuten währende Erhitzung bei 130° C. ED. BUCHNER (1) hat gezeigt, daß im Vakuum vollständig getrocknete Hefe selbst durch achtstündiges Verweilen bei 100° nicht abgetötet wird, und zwar weder im Wasserstoffstrom noch auch im Luftbad. Die vegetativen Zellen der durch E. KAYSER (1) geprüften Brauereihefen hielten, je nach der Rasse, bei Temperaturen von 85—105° C noch Stand; deren Sporen ertrugen sogar noch je 10—20° C mehr. Die Widerstandsfähigkeit getrockneter Hefe gegen höhere Temperaturen hängt also, abgesehen von der Beschaffenheit der einzelnen Zellen, nicht nur von der Art und Rasse

der Hefe, sondern auch davon ab, ob sie nur aus vegetativen Zellen zusammengesetzt ist oder gleichzeitig auch Endosporen enthält. Diese Tatsache ist nicht auffällig, da ja für die Endosporen schon in feuchtem Zustande die Abtötungstemperatur um mehrere Grade höher liegt als 5 für die vegetativen Zellen. So hat HANSEN (2) zuerst gezeigt, daß die Sporen des *Sacch. ellipsoideus II* (*Sacch. turbidans* E. CHR. HANSEN) in sterilisiertem Wasser bei 66° C innerhalb 5 Minuten abstarben, während sie bei 62° C während der gleichen Zeit noch lebend blieben. Die vegetativen Zellen starben jedoch unter den gleichen Verhältnissen schon 10 bei 56° C ab, ertrugen aber noch 54° C. Für *Sacch. Pastorianus I* (*Sacch. Pastorianus* E. CHR. HANSEN) ergaben sich in gleicher Weise die Zahlen 62° C und 58° C für die Sporen und 54° C und 52° C für die jungen vegetativen Zellen. Zählebiger als jene Arten, übereinstimmend mit seinem Verhalten in getrocknetem Zustande, ist der oben genannte *Sacch.* 15 *Zopfii* aus Rübenzuckersaft, welcher unter ähnlichen Bedingungen erst bei 67° C abstirbt, wie auch *Sacch. thermantitonum*, von JOHNSON auf Eucalyptus-Blättern gefunden, welcher nach dem Bericht von P. LINDNER (6) in Flüssigkeiten noch 66—70° C verträgt. Sehr widerstandsfähig ist auch die von WILL (1) mit Nr. 811 bezeichnete und beschriebene Hefe, 20 welche aus einem Bier mit widerlichem, kratzendem Geschmack gezüchtet worden war. Beim Erhitzen in Bierwürze bei 70° C bedurfte es einer Einwirkungsdauer von einer halben Stunde, um die vegetativen Zellen abzutöten. Die Sporen dagegen trotzten sogar einer Temperatur von 75° während der gleichen Zeitdauer.

25 Aehnliche Beobachtungen liegen auch von FISCHER und BREBECK (1) vor, aus welchen zugleich der Einfluß der Zeitdauer, während welcher eine bestimmte Temperatur auf die Hefe einwirkt, hervorgeht. Die teilweise auch Sporen enthaltenden Zellen der Hautbildungen der von diesen Autoren als *Endoblastoderma pulverulentum* bezeichneten, zur Gattung 30 *Willia* E. CHR. HANSEN gehörigen Hefenart, ertrugen mehrfach eine Temperatur von 80—85° C während 10 Minuten, ohne abzusterben. Bei einer 20 Minuten dauernden Einwirkung waren sie dagegen schon bei 60° C abgetötet. Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit gegen höhere Temperaturen an vier anderen Arten der gleichen Gattung, 35 welche L. STEUBER (1) beschrieben hat, wurden auch von WILL angestellt.

Die sehr sorgfältigen, von T. W. TULLO (1) mit einigen Hefen durchgeführten Versuche lassen ebenfalls erkennen, daß die Widerstandsfähigkeit von der Zeitdauer abhängt, während welcher höhere Temperaturen auf die Hefenzellen einwirken. Untergärige Bierhefe vermochte nur eine 40 20 Minuten lange Einwirkung von 50° C zu überdauern, Brennereihefe *Rasse II* dagegen eine solche in der Dauer von 63 Minuten. Die Gegenwart eines vergärbaren Zuckers scheint dabei ungünstiger zu sein als die Gegenwart eines nicht vergärbaren Zuckers oder von Wasser allein.

Einen Gegensatz zu diesen zählebigen Hefenarten bildet der von 45 A. LASCHÉ (1) in einem amerikanischen Temperenzbier aufgefundene *Sacch. Jörgensenii*, welcher schon bei 30° C rasch abstirbt.

Aehnliche Feststellungen, wie die zuerst angeführten, sind dann an französischen Weinhefen durch E. WASSERZUG (1) und an südländischen durch E. KAYSER (2) gemacht worden. Der letztere fand die Ab- 50 tötungstemperatur für die Sporen um ca. 5° C höher als diejenige für die vegetativen Zellen.

Eine Hauptbedingung für die Erhaltung einer möglichst langen Lebensdauer und möglichst hohen Gärkraft beim Trocknen der Hefe

durch Zufuhr von Wärme ist, daß diese Zufuhr, mit niederer Temperatur (ca. 25° C) beginnend, langsam und allmählich gesteigert wird. Die Schwierigkeit bei der Trocknung größerer Mengen von Hefe in keimfreien Räumen, die entwickelten Wasserdämpfe rasch abzuführen, mag wohl eine der Hauptursachen sein, wenn bei der Herstellung von Hefenkonserven durch Trocknen nicht immer ein den praktischen Anforderungen entsprechendes Produkt erhalten wird.

Von maßgebendem Einfluß ist es ferner, ob die Entziehung des Wassers direkt oder nach Beimischung von indifferenten, nicht zu stark Wasser entziehenden Substanzen erfolgt. Der Zweck dieser Beimengungen ist ein doppelter. Erstens soll die Hefenmasse, welche sich zwar bis zu einem gewissen Grad verhältnismäßig leicht verteilen läßt, noch besser zerteilt und damit einer rascheren Austrocknung zugänglich gemacht werden. Eine sehr feine Verteilung der Hefe ohne irgendwelche Beimengung ist jedoch der Erhaltung der Lebensdauer nicht günstig. Zweitens sollen die Beimengungen der eintrocknenden Hefe einen Schutz gewähren. Auch die ohne Beimengung getrocknete und in größeren Klümpchen zerteilte Hefe bedarf eines Schutzes, der ihr durch die äußeren, stärker eingetrockneten, zumeist aus toten oder wenigstens sehr geschwächten und dicht zusammengeklebten Zellen bestehenden Schichten der Hefenklümpchen geboten ist. Damit wird sich aber auch für die Zeit, innerhalb welcher eine Hefenkonserve noch in Frage kommen kann, eine verhältnismäßig größere Zahl von Zellen am Leben erhalten lassen. Ohne diese Bedeutung der Beimengungen würden sie nur als unnützer Ballast erscheinen. Die Natur dieser Beimengungen spielt bei der Konservierung eine wesentliche Rolle. Es kommt hierbei in Betracht, ob Bestandteile derselben, wie beim Vermischen mit frischem Hopfen (bei Verwendung von ausgekochtem Hopfen — Hopfenstroh — kommt wesentlich die wasseraufsaugende Kraft der Blätter der Hopfendolden in Betracht) gleichzeitig konservierend wirken, ob die physikalischen Eigenschaften des beigemengten Stoffes, beispielsweise die Absorptionsfähigkeit für schädliche auf die Hefe einwirkende Gase, wie das bei der Holzkohle in ausgiebigem Maße der Fall ist, günstig auf die Ausdehnung der Lebensdauer einwirken, ob sie eine hohe Absorptionsfähigkeit für Wasser besitzen, wie dies beispielsweise beim Gips der Fall ist, oder ob sie sich völlig indifferent verhalten.

§ 28. Neuere Konservierungsverfahren.

Holz- und Knochenkohle, frischer Hopfen und Hopfenstroh wurden schon sehr frühzeitig von den Praktikern als Beimengungen bei der Konservierung von Betriebshefe für den überseeischen Transport verwendet. Jedenfalls hat sich die Konservierung mit Holzkohle in vielen Fällen bewährt. Aus neuerer Zeit liegen ebenfalls günstige Berichte von J. Hotz (1) und G. G. Cave (1) vor. Letzterer schlägt vor, das Kohlenpulver aus Getreide, insbesondere Gerste, herzustellen, die man wie gewöhnlich mälzt, dann wie Kaffee röstet und schließlich zu einem feinen Pulver vermahlt.

Auch Gips, welcher schon von Pasteur zu Versuchen, insbesondere auch bei den Beobachtungen über die Lebensdauer von Hefe und bei der Herstellung von „Reinkulturen" benützt worden war, wurde der Hefe zwecks Konservierung beigemengt. Nach den zuerst in Weihen-

stephan von C. Lintner angestellten Versuchen erhielt sich gepreßte Hefe, mit dem 4—5-fachen Volumen Gips vermengt, 4 Monate lang gut.

Später hat Otto Reinke (1) bei einem Verfahren, welches er zur Konservierung von Hefe ausgearbeitet hat und das sowohl für den überseeischen Transport als auch für den Fall des Aussetzens im eigenen Betrieb die Aufbewahrung und Erhaltung größerer Mengen von bewährter Hefe sichern soll, Gips sowie überhaupt wasseraufsaugende Körper empfohlen. Das Verfahren besteht in dem Verpacken der Hefe in sterilisierten Massen, welche leicht Wasser aufsaugen, in dem Trocknen der Hefe im sterilisierten und entwässerten Luftstrom, sowie schließlich in mit sterilisierten, wasseraufsaugenden Körpern gefüllten Gefäßen. Bei diesem Verfahren handelt es sich hauptsächlich um die Erhaltung größerer Mengen von Hefe, insbesondere von Reinhefe. Praktisch soll das Verfahren in der Weise ausgeführt werden, daß ca. 50 g gewaschene und scharf gepreßte Hefe sehr schnell in einem staubfreien Zimmer mit zwei Bogen sterilen Fließpapiers umhüllt und dann breitgewalzt werden. Die Hefe wird dann nochmals mit einem Bogen Fließpapier eingehüllt, eventuell mit Spuren sterilisierter Borsäure bestreut und nun durch Pressen zwischen sterilisierten Asbestplatten entwässert. Nach gehörigem Eintrocknen der Hefe werden die Pakete in der Weise in eine Blechbüchse gepackt, daß jedes Paket mit einer Lage kalten, sterilisierten gebrannten Gipses umgeben wird. Der Gips entzieht noch während des Lagerns weitere Reste Wassers. Zum Schluß werden die Blechkisten (ca. 7 kg Hefe in 100 Paketen enthaltend) verlötet. Nach den Angaben von Reinke selbst, welcher viele Sendungen nach den Inseln des indischen Ozeans ausgeführt hat, bewährte sich das Verfahren vollkommen. Nach Mitteilungen aus der Praxis aus dem Jahre 1891, über welche Reinke (2) berichtet, war die nach seiner Methode konservierte Hefe nach 12 Monaten noch brauchbar. Reinke bemerkt jedoch an dieser Stelle, daß nach seinen an lagernden konservierten Hefen gemachten Beobachtungen beim Verpacken mit dem sterilen Gips letzterer bis zu einem gewissen Grade angefeuchtet werden muß, da sonst bei zu langer Lagerung die Hefe wasserarm wird und dann abstirbt.

Nach den Erfahrungen von J. Hotz (1) hat sich ein Vermischen der Hefe mit Gips vor dem völligen Austrocknen derselben nicht so gut bewährt, und er zieht die Beimengung von Gips überhaupt derjenigen von Holzkohlenpulver vor.

In Indien ist es während der heißen Jahreszeit nicht möglich zu brauen; zur Aufbewahrung der Hefe mischt man sie nach einem Bericht von Heron (1) mit Gips und Wasser, preßt das Gemisch in Flaschen, in denen es erhärtet. Man verschließt die Flaschen mit Korken und bewahrt sie in fließendem Wasser bis zur kalten Jahreszeit auf. Evans hat festgestellt, daß die in Gips aufbewahrte Hefe rascher abstirbt, als die in Reismehl aufbewahrte.

Das Verfahren, Bierhefe (ober- und untergärige) für technische Zwecke durch Zusatz von Stärke zu konservieren, wird auch bei uns geübt. Insbesondere finden sich für Backzwecke bestimmte Hefenkonserven von verhältnismäßig hoher Gärkraft im Handel, welche offenbar wesentlich durch Vermischung von Hefe mit gemahlenen Cerealien hergestellt sind.

Reinke (1) berichtet über eine für Backzwecke hergestellte Hefenkonserve, welche unter dem Namen „magische Hefe“ in eleganter Verpackung ein bedeutender Handelsartikel in Amerika gewesen sein soll. Diese war durch Vermischen der Hefe mit Maisschrot, Formen zu

Scheiben und Trocknen hergestellt. Die Gärkraft dieser Hefe, welche angeblich vortrefflich wirken sollte, ließ nach den Untersuchungen von Reinke sehr zu wünschen übrig. Ob tatsächlich in diesem Falle Fehler bei der Herstellung, wie zu starkes Erwärmen beim Trocknen oder zu hohe Temperatur des Maisschrotes nach dem Vermischen mit heißem 5 Wasser behufs der Verkleisterung der Stärke und besseren Bindens, begangen wurden, wie Reinke vermutet, mag dahingestellt bleiben. Aus eigener Erfahrung weiß ich, daß derartige Hefenkonserven mit einem Wassergehalt von 11 Proz., sehr guter Gär- und Triebkraft sowie angenehmem Geruch sich im Handel befinden. Sehr bequem für den Gebrauch sind 10 sie in biskuitähnliche, ziemlich feste Stücke von 5–30 ccm Größe bei 1 cm Dicke abgeteilt. Für eine bestimmte Menge Mehl wird eine bestimmte Anzahl der Hefenkuchen zum „Aufgehen“ des Teiges genommen. Bei einer Prüfung nach zweijährigem Lagern bei gewöhnlicher Temperatur ohne irgend welche Vorsichtsmaßregeln war die Gärfähig- 15 keit noch eine ziemlich befriedigende, und es entwickelten sich nach 24 Stunden in zuckerhaltigen Nährflüssigkeiten Hefenzellen.

Collette und Boidin (1) stellen hauptsächlich für Bäckereizwecke eine trockene Hefe durch Vermischen der gepreßten Hefe mit wasserfreier Stärke her, und es soll die Mischung, was nicht unwahrscheinlich 20 ist, sehr gute Resultate liefern. Als Anstellhefe ist sie weniger gut geeignet.

Wie verschiedenartige Beimengungen schon versucht wurden, ist daraus zu ersehen, daß mir eine vom Ausland stammende Hefenkonserve zu Händen kam, welche in der Weise hergestellt war, daß obergärige 25 Hefe mit einem rötlichgelben Ton gemischt zu Kugeln von etwa 20 mm Durchmesser geformt und dann getrocknet war. Die Konserve war schon zu alt (17—18 Jahre), als daß sich noch hätte erwarten lassen, lebende und entwicklungsfähige Zellen in derselben anzutreffen.

P. Lindner (6) hat auch die Vermischung von Hefe mit Torfmoos 30 versucht. Vorzüglich erscheint nach seinen Erfahrungen, welchen ich beistimmen kann, Malzschrot geeignet zu sein, um Hefe in kurzer Zeit zu trocknen und ihr jenen frischen Geruch zu konservieren, den sie an und für sich hat.

Umfassende Versuche über die Konservierung von größeren Mengen 35 von Betriebshefe durch Austrocknen, nachdem sie mit verschiedenen Substanzen auf das innigste vermischt worden war, hat H. Will (4) angestellt. Die Beobachtung der Hefenkonserven erstreckte sich teilweise über einen Zeitraum von mehr als 17 Jahren. Zu den Versuchen wurde zunächst gewöhnliche, gute, untergärige Bierhefe und eine gewöhnliche 40 Münchener Weißbierhefe mit allen ihren Beimengungen an wilder Hefe und Bakterien, erstere unmittelbar nach dem Fassen verwendet. Außer den nur für den Versuch angefertigten Konserven kamen später noch solche Hefen in nicht geringer Zahl zur Beobachtung, welche für den Versand präpariert worden waren. Die Hefen wurden zunächst durch 45 Schlämmen in Wasser und durch Sieben von dem noch beigemengten Bier und den festen Ausscheidungen (den „braunen Klümpchen“ usw.) leichten Hefenzellen und Bakterien möglichst befreit. Hierauf wurden die untergärigen Bierhefen brottrocken gepreßt und mit Kieselgur, Asbestwolle, Gips, Holzkohle, Holzstoff (Holzschliff) sowie Papiermasse 50 (reine Filtrierpapierabfälle) vermengt. Die obergärigen Hefen wurden dagegen nach dem Absetzen im Wasser direkt in feuchtem Zustande zur Mischung verwendet. Das gegenseitige Mengenverhältnis war ein ver-

schiedenes. Die Hefenkonservierung mittelst Holzkohle hat sich nicht nur bei den vorliegenden Versuchen, sondern auch vielfach in der Praxis und zwar selbst unter den schwierigsten Verhältnissen bewährt. Jedenfalls blieb innerhalb der Zeit, welche praktisch in Frage kommt, bei 5 sonst sachgemäßer Herstellung und Behandlung eine sehr große Anzahl von Hefenzellen und mehr als bei den anderen Konservierungsverfahren am Leben; auch bei noch längerer Aufbewahrung enthielt in einem Fall eine Holzkohlenkonserve zu einer Zeit (nach 10 Jahren), als die meisten der durch andere der obengenannten Zusätze hergestellten Konserven 10 entweder überhaupt keine lebens- und entwicklungsfähigen Kulturhefenzellen mehr oder wenigstens nicht mehr vorherrschend enthielten, solche in großer Zahl. Reinkulturen, aus diesen überlebenden Zellen hergestellt, arbeiteten im Brauereibetrieb sofort normal und lieferten sehr reinschmeckende Biere. Die Gärungen zeigten schönen Bruch. Die Ver- 15 mehrung der fest abgesetzten Hefe war eine sehr gute; die Zellen waren groß und gleichmäßig. Ganz zweifellos konnte die Reinhefe jeden Vergleich mit anderen Reinhefen bestehen. Brauereihefe ist also befähigt, in getrocknetem, konserviertem Zustande lange Zeit hindurch ihre guten Eigenschaften zu erhalten. Der Hefenkonservierung mit Holzkohle steht 20 diejenige mit Holzstoff hinsichtlich ihres praktischen Wertes sehr nahe und hat sich ebenfalls in zahlreichen Fällen bei Sendungen ins Ausland nach jeder Richtung hin bewährt; sie besitzt sogar gegenüber den Holzkohlenkonserven einige vom praktischen Standpunkt aus nicht zu unterschätzende Vorteile, bei welchen auch die äußere Beschaffenheit der 25 Konserve mit in Betracht zu ziehen ist. Gute Resultate wurden auch mit Asbestkonserven erzielt; immerhin dürften die mehr oder weniger porösen, Wasser aufsaugenden Substanzen, wie Holzstoff, Holzkohle usw., welche auch das Trocknen der Hefenmischung ohne Beschädigung der Zellen erleichtern, den Vorzug verdienen. Eine Vermischung der Hefe 30 mit Gips und Kieselgur hat sich als weniger günstig für eine längere Erhaltung der Hefenzellen erwiesen. Um die Vorteile, welche sowohl die Holzkohle als auch der Holzstoff für die Konservierung bietet, auszunützen, werden Hefenkonserven auch in der Weise hergestellt, daß man als Hauptzusatz Holzstoff wählt, während pulverisierte Holzkohle nur 35 in verhältnismäßig geringer Menge beigemischt wird. Gewöhnlich werden auf 1 Teil trockengepreßte Hefe 2 Teile Holzstoff und $^1/_2$ Teil Holzkohle genommen. Letztere wird fein zerstoßen und zuvor ausgeglüht, während der Holzstoff ausgekocht wird.

Einen anderen Weg, die Hefe, insbesondere Brennereihefe, vor dem 40 Trocknen zu mischen und zwar mit den natürlichen, während der Bereitung der Hefe selbst vorhandenen Bestandteilen, schlägt J. Effront (1) vor. Außerdem akklimatisiert Effront die Hefe erst an allmählich stärker werdende Gaben von Antiseptika, wodurch die Zellen sehr widerstandsfähig werden. Vergorene Maische aus Getreide, Mais u. dgl. wird 45 mit der Hefe, den Trebern und den Rückständen in eine Filterpresse gepumpt. Sodann werden die Preßkuchen entweder an der Luft oder in einem Vakuumapparat bei etwa 40—50° C getrocknet und können unmittelbar als Stellhefe gebraucht werden. Eine nach diesem Verfahren hergestellte Trebertrockenhefe wurde in einem offenen Gefäß aufbewahrt 50 und hielt sich ohne irgend welche Aenderung in ihrer Wirksamkeit länger als anderthalb Jahre. Zur Konservierung von Bierhefe, wozu Effront ebenfalls den Weg zeigt, erscheint das Verfahren nicht geeignet.

Ein anderer Vorschlag geht dahin, die zu konservierende Hefe mit

Hopfenextrakt zu behandeln und der im Hefengefäß befindlichen Hefe soviel Maismehl hinzuzufügen, bis eine bröckliche Masse entsteht. Die Mischung soll sodann in einem Luftstrom von 30° C und schließlich im Trockenofen getrocknet werden.

Die Konservierung von Hefe durch Beimischung der angegebenen Stoffe hat neben den unzweifelhaften Vorteilen, welche sie bietet, auch ihre schwerwiegenden Nachteile. Vor allen Dingen ist eine Forderung, welche gestellt werden muß, nämlich diejenige der möglichsten Reinerhaltung, nur schwer zu erfüllen, da die notwendigen Manipulationen längere Zeit in Anspruch nehmen und bei aller Vorsicht eine Infektion mit Bakterien und unter Umständen mit wilder Hefe, welche sich infolge der nicht zu umgehenden Schwächung der Kulturhefezellen in der unangenehmsten Weise geltend machen können, nicht auszuschließen ist. Das Durchkneten der Hefe mit den Beimengungen, das Vortrocknen der verteilten Mischung auf Horden in erwärmten Räumen bietet, wenn auch mit größter Vorsicht gearbeitet wird, immer die Möglichkeit einer Infektion. Weiter kommt hinzu, daß bei Verwendung von Hefenkonserven im Betrieb die Beimengung auf das sorgfältigste wieder von der Hefe getrennt werden muß, wenn sie sich nicht, wie beispielsweise Gips, von selbst rasch absetzt oder in die Decke übergeht. Jedenfalls kann die erste Gärung, manchmal auch noch die zweite, je nach der Natur der Gemengteile, nicht verwertet werden. Bei Holzkohlenkonserven ist es notwendig, wenn sie erst einmal in Würze wieder aufgeweicht sind, die Kohle möglichst rasch und sorgfältig zu entfernen, um die Vermehrung der Hefe und den Beginn der Gärung durch Absorption des Sauerstoffes von seiten der Holzkohle nicht zu verzögern.

Die verschiedenen Einwände, welche gegen die Konservierung der Hefe mittelst absorbierender Stoffe und Trocknung erhoben werden können, haben J. Heron (2) veranlaßt, ein anderes Verfahren auszuarbeiten, welches darin besteht, daß die Hefe mit einer vergärbaren Substanz (Glucose) gemischt wird. Diese bildet mit der Hefe eine harte und kompakte Masse, welche den Transport erleichtert, ohne daß das Gemisch künstlich getrocknet werden muß. Der Vorteil dieses Verfahrens soll darin bestehen, daß die Hefe beim Verbringen in Würze rasch Gärung hervorruft, und daß die Substanz, mit der die Hefe vermischt war, sich löst und selbst in Gärung übergeht. Ob das Verfahren praktische Bedeutung erlangt hat, ist unbekannt.

Schon Reinke (1) berichtet im Jahre 1888 über ein ähnliches Verfahren, nach welchem zur Konservierung von Hefe diese mit Zucker in einem solchen Verhältnis gemischt wird, daß eine dickbreiige Masse entsteht; andernfalls soll sie mit 60-proz. Zuckerlösung gemischt und kalt gelagert werden.

H. Böhm (1) zerkleinert die Hefe durch ein Sieb, trocknet sie bei 35° bis auf einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 10—12 Proz. und mischt dann mit 7,5 Proz. Traubenzucker und 3 Proz. doppeltkohlensaurem Natron.

Von anderen Beimengungen und zwar flüssigen hat A. Kiesewalter (1) das Glycerin empfohlen. Die gewaschene und getrocknete Hefe soll mit gleichen Teilen gewöhnlichen Glycerins gemischt, dann sofort auf gut zu verschließende Flaschen gefüllt und im Eiskeller aufbewahrt werden; vor der Verwendung als Stellhefe muß sie mit Wasser ausgewaschen werden. Nach den Untersuchungen von Will (3) aus dem Jahre 1886 empfiehlt sich diese Art der Aufbewahrung in keiner Weise. Die mit Glycerin nach den Angaben von Kiesewalter konser-

vierte Hefe roch sehr unangenehm (wie ein altes anatomisches Präparat), und es war in einem Fall die Gärkraft der Hefe schon innerhalb 10 Tagen von 47,8 Proz. auf 3,14 Proz. vermindert. Nach den Beobachtungen von WILL enthielt die mit Glycerin konservierte Hefe noch nach 5 9 Monaten lebende Hefenzellen. Versuche, welche REINKE (1) im Jahre 1888 anstellte, gaben ebenfalls mangelhafte Resultate. Bei größeren Zusätzen von Glycerin starben die Hefenzellen ab; sie sind schon gegen 5-proz. Glycerinlösungen sehr empfindlich. Nach den Beobachtungen von WILL (5) bedarf es jedoch einer sehr innigen Berührung von Glycerin und Hefe, 10 wenn letztere abgetötet werden soll, und es ist eine solche nur schwer herzustellen, da die Hefe durch die während der Aufbewahrung eintretende Selbstgärung zum größeren Teil in die Höhe gehoben wird. Nach 4 Monaten waren in diesem Falle nur wenige tote Zellen vorhanden.

15 Außerdem hat KIESEWALTER (1) empfohlen, die gewaschene und gepreßte Hefe mit **Alkohol** von 25 Vol.-Proz., den man vorher mehrere Tage auf gutem Hopfen hatte stehen lassen, im Verhältnis von 2:1 zu mischen und im Eiskeller aufzubewahren. Vor dem Gebrauch wird der Alkohol von der abgesetzten Hefe abgegossen, die Hefe mehrmals mit 20 Wasser ausgewaschen und dann sofort als Stellhefe verwendet. Für verhältnismäßig kurze Zeit mag diese Aufbewahrungsmethode genügen, ohne daß sie jedoch die Hefe vor der Entwicklung und Ueberhandnahme der in ihr als Verunreinigung enthaltenen Bakterien schützt. Bei monatelanger Aufbewahrung leiden jedoch auch die Hefenzellen sehr 25 stark, wie WILL festgestellt hat.

Erwähnt sei noch ein englisches Patent aus dem Jahre 1891, nach welchem zur Konservierung sterile Würze mit einem Zusatz von 5 bis 15 Proz. Gelatine angewendet werden soll. Diese soll in sterilen Gefäßen auf die Reinhefe gegossen werden. Angeblich behält die Hefe 30 lange Zeit ihre Eigenschaften bei.

Neben der Herstellung von konservierter Hefe durch Beimengung der verschiedensten Stoffe wurde gleichzeitig die Konservierung durch **direktes Trocknen** der gut gewaschenen und mechanisch gereinigten, gepreßten Hefe geübt. Teilweise war hierbei das Verfahren ein sehr 35 primitives, doch wurden auch schon zu diesem Zweck besondere Apparate konstruiert. REISENBICHLER (1) empfiehlt schon im Jahre 1879, Hefe auf feinporöse, wohl ausgetrocknete Platten oder Ziegel aus geformtem Gips oder gebranntem Ton zu streichen. Die Ziegel werden ihrer Länge nach von Hohlräumen durchsetzt, durch welche fortwährend ein Strom 40 vorher ausgetrockneter, kühler Luft geführt wird, um die von der aufgestrichenen Hefe aufgenommene Feuchtigkeit aus den Ziegeln zu entfernen. In einfachster Weise wird über Gips oder Chlorcalcium Leinwand ausgebreitet und auf diese die Hefe gestrichen. KIESEWALTER (1) behandelte die zu konservierende Hefe nach dem Pressen, wie oben an-45 gegeben, mit Alkohol von 25 Vol.-Proz., welcher wieder mit Hopfen präpariert war, mehrere Stunden lang. Nach wiederholter Pressung wurde sie an einem schattigen, zugigen Orte auf einem Tuch ausgebreitet und getrocknet. Die getrocknete Hefe wurde in verschlossenen Flaschen aufbewahrt, und es sollen die mit ihr angestellten Gärungen 50 gut gewesen sein. In gleich primitiver Weise wurde Hefe offen an der Luft auf schwach erwärmten Flächen, wie auf Eisenplatten, ja selbst nur auf Mauern getrocknet. Ein Fortschritt machte sich hierbei insofern geltend, als die Hefe zwecks leichterer Trocknung durch

eine besondere, zu diesem Zweck von REICHENKRON (1) konstruierte Maschine zu dünnen Fäden geformt wurde. Die gewaschene Hefe wird gepreßt und in der Maschine gegen ein Sieb mit Löchern von einem Durchmesser bis zu 1.5 mm durch eine Schnecke gepreßt. Die austretende Hefe wird auf Blechen oder Platten aufgefangen, welche durch 5 ein gleichzeitig mit der Schnecke unterhalb der Maschine bewegliches Tuch ohne Ende weiter geführt werden. Die Hefenfäden werden zunächst 6 Stunden an der Luft und dann noch 24—36 Stunden bei 20° in einem geheizten Raum mit mäßigem Luftzuge getrocknet. Solche Hefe gelangte nach REINKE (1) mit eingedickter Weißbierwürze im 10 Exporthandel zur Weißbierfabrikation auf den Markt. Selbstverständlich war die Hefe selbst dann, wenn nach Vorschrift ein „sauberes" Tuch zum Ausbreiten derselben verwendet wurde, der Infektion in weitgehendstem Maße ausgesetzt.

Ein Vorschlag von HEINZERLING ging dahin, die Hefe durch Ent- 15 wässern bei niederer Temperatur (ca. 31—44° C) im Vakuumapparat in Pulverform überzuführen. Einen Fehler dieses Verfahrens bildet die mangelhafte Gärkraft des gewonnenen Produktes. Offenbar konnte diese aber nicht durch das Trocknen bei erhöhter Temperatur veranlaßt sein. Die von WILL zu seinen Beobachtungen über die Lebensdauer von ge- 20 trockneter Hefe unter Beimengung verschiedener Substanzen hergestellten Konserven waren alle unter langsamer Steigerung der Temperatur bis auf 40° C innerhalb 1—3 Tagen getrocknet worden, wobei die Natur der Beimengungen nicht ohne Einfluß war. Trotzdem besaßen sie zumeist eine befriedigende Gärkraft. Bei entsprechender Verteilung, lang- 25 samer Wasserentziehung durch allmähliche, größere Schwankungen ausschließende Steigerung der Temperatur, wobei die Maximaltemperaturen nur kurze Zeit einwirken dürfen, wird die Gärkraft der Hefe beim Trocknen nur verhältnismäßig wenig geschwächt. Das erste Erfordernis ist dabei die rasche Entfernung des beim Trocknen verdampften Wassers. 30

Gänzlich fehlerhaft sind solche Vorrichtungen, bei welchen die Hefe auf mehrere übereinander liegende Horden aufgetragen wird, so daß der von den unteren entweichende Wasserdampf die auf den oberen Horden befindlichen Schichten der Hefe oder der Hefenmischung durchstreichen muß, bevor er abgeführt wird. Die auf den oberen Horden befindlichen 35 Zellen werden hierbei geradezu gedämpft. Wird gewöhnliche Betriebshefe in derartigen fehlerhaften Apparaten getrocknet, so kann nebenbei in dem feuchtwarmen Raum eine starke Bakterienentwicklung die Hefe in weitgehender Weise schädigen.

Nach den Angaben von REINKE (3) hat PAPPERITZ einen Apparat 40 konstruiert, mittelst dessen es möglich sein soll, nach dem Prinzip der sterilen Behandlung größere Mengen von Hefe zu trocknen und zu verpacken. In einem geschlossenen, durch Dampf sterilisierbaren Kasten wird durch Schwefelsäure getrocknete und sterilisierte Luft oder durch Watte filtrierte Luft eingeleitet. Den im Innern des Apparates beim 45 Hefentrocknen auftretenden kondensierten Wasserdämpfen, ein Hauptübelstand bei der Konservierung in geschlossenen Räumen bei erhöhter Temperatur, ist durch eine Rinne Gelegenheit zum Abfließen gegeben. Ueber einem Dampfrohr zum Erwärmen des Apparates liegen zwei enge Horden. Die stark gepreßte Hefe gelangt, etwa in dünnen Stangen, auf 50 die Horden und soll im Anfang nicht über 31° C, nach einiger Entwässerung höher, doch nicht über 62° C weiter getrocknet werden. Die einströmende sterile Luftmenge muß ausreichend sein, auch mit ge-

nügender Geschwindigkeit den Apparat passieren. Nach den Angaben von REINKE liefert ein solcher Apparat täglich ca. 15 kg trockene Hefe.

In neuester Zeit ist man in der Erkenntnis, daß die unmittelbare Trocknung der Hefe bei erhöhter Temperatur trotz größter Sorgfalt
5 manche Schwierigkeiten bereitet, dazu übergegangen, das Trocknen zunächst bei gewöhnlicher oder sogar niederer Temperatur, im kalten, trocknen und sterilen Luftstrom unter Anwendung von intensiv wirkenden Ventilatoren vorzunehmen, und zwar bleibt die sorgfältig gewaschene, stark abgepreßte und gekühlte Hefe unvermischt mit anderen, indiffe-
10 renten Substanzen. Das Trocknen selbst größerer Hefenmengen nimmt nur sehr kurze Zeit in Anspruch. Insbesondere haben einzelne hervorragende Braustätten dieses Verfahren, dessen Einzelheiten nicht näher bekannt sind, ausgebildet und bringen in gefälliger Verpackung in Blechbüchsen eine für den Welthandel bestimmte getrocknete Hefe auf den
15 Markt. Der Inhalt der Büchsen bildet eine aus unregelmäßig geformten, groben Körnern bestehende Masse von hellgelb-bräunlicher Farbe und angenehmem Hefengeruch. In einzelnen Fällen scheint die ursprünglich in gröberen Körnern getrocknete Konserve durch Zermahlen nachträglich noch zerkleinert zu werden. Die Gärkraft dieser steril, aus Nach-
20 zucht von Reinhefen, mit einem Wassergehalt von 10—12 Proz. hergestellten Konserven ist eine gute und auch deren Haltbarkeit eine befriedigende.

Nach einem in jüngster Zeit unter Nr. 74201 im Deutschen Reich zum Patent angemeldeten Verfahren von HEINRICH HAHN wird die ge-
25 waschene und gepreßte Hefe in fein verteiltem Zustande in einem geschlossenen Behälter durch filtrierte Preßluft, deren Temperatur durch eine entsprechende Einrichtung successive von ca. 10—15° C auf 30—40° C gesteigert werden kann, kontinuierlich getrocknet.

§ 29. Die Verwertung der Brauereihefe und Abfallhefe zur
30 Darstellung von Nährpräparaten.

Die großen Mengen von Hefe, welche täglich in den Brauereien anfallen (s. Bd. IV, S. 121), ohne daß selbe ihrem eigentlichen Zwecke zugeführt werden können, haben seit langem das Bestreben wachgerufen, eine anderweitige nutzbringende Verwendung hierfür zu finden. Bei diesen
35 im Brauereibetriebe ausgeschiedenen Hefen handelt es sich nicht nur um minderwertige Abfallhefe, wie solche beim Abschöpfen, Schlemmen, bei der Reinigung der Anstellhefen usw. entfernt wird, sondern um große Mengen von tadellosem Zeug, der, da momentan kein Absatz dafür da ist und bei der raschen Zersetzbarkeit ohne besondere Konser-
40 vierung ein längeres Aufbewahren nicht möglich ist, entfernt werden muß. Nach einer Berechnung DELBRÜCK's (1) stehen in Deutschland allein jährlich 60000000 kg guter Hefe, welche in Brauereien nicht weiter Verwendung finden können, zur Verfügung. Nach FERRON werden in den bierbrauenden Ländern 132450000 kg Hefe verwertet und 172600000 kg
45 nicht verwertet. Während man in früheren Jahren Abfallhefe nur als Viehfutter zu verwerten suchte oder hie und da als Düngemittel empfahl und verwendete, traten in den letzten Jahren zahlreiche Bestrebungen auf, den hohen Gehalt der Hefe an Eiweißkörpern und anderen wertvollen Bestandteilen besser auszunützen, indem man versuchte, aus denselben
50 menschliche Nährpräparate und Genußmittel, insbesondere Extrakte,

darzustellen, welche dem Fleischextrakte an Wohlgeschmack gleichkommen und demselben Konkurrenz zu machen imstande sind. Eine andere Art der Verwertung von Hefe, bei welcher es sich allerdings nur um einen geringen Verbrauch derselben handelt, ist die für therapeutische Zwecke. Ferner wird nach W. Kues (1) aus der Hefe durch 5 geeignete Behandlung (Zusatz eines sauren Phosphats und Trocknen) ein Nährstoff für die Züchtung der Hefe in der Brauerei dargestellt. R. Schröder (1) stellt aus Abfallhefe Hefenalbumin dar, indem er wässerige Auszüge aus gereinigter, mit Aether behandelter Hefe durch Kochen mit Essigsäure fällt. Der entstandene Niederschlag, der 15,9 Proz. Stick- 10 stoff enthält, liefert die Albuminreaktion. Auch in der Lederindustrie sollen die Hefe und daraus hergestellte Extrakte zufolge J. L. Backer (1) Verwendung finden. Eine übersichtliche Zusammenstellung der Verfahren und Vorschläge zur Verwertung der Hefe insbesondere zur Verarbeitung derselben zu Nahrungs- und Genußmitteln hat Heinzelmann (1) ge- 15 geben, ferner J. L. Backer (1), der auch selbst Versuche über die Extraktgewinnung aus Hefe anstellte, sowie L. Aubry (1). Weiter wurde die gewerbliche Verwertung der Hefe in eingehender Weise von Delbrück (1) und Dormeyer (1) besprochen; auch P. Schüler (1) macht Angaben über die Verwertung der Brauereiabfallhefen zu mensch- 20 lichen Nahrungsmitteln.

Die Verfahren, welche zur Verarbeitung der Hefe zu Nahrungs- und Genußmittel dienen, lassen sich in zwei Gruppen teilen: 1. Verarbeitung der ganzen Hefensubstanz zu einem Nahrungs- und Genußmittel und 2. Herstellung von Nährextrakten aus Hefe. 25

Bei Darstellung beider Arten von Präparaten muß der Verarbeitung der Hefe eine Reinigung derselben von den in ihr befindlichen Hopfenharzen, Eiweißkörpern und sonstigen Ausscheidungen (vgl. § 40), welche den aus der Hefe bereiteten Produkten einen bitteren Geschmack verleihen würden, vorausgehen. Eine solche wird erzielt durch Behandlung 30 der Hefe mittelst eines Alkalis, verdünnter Sodalösung oder kohlensauren Ammoniaks, durch Kalkwasser, durch wiederholtes Wässern und Durchtreiben der Hefe durch feine Siebe, wobei vorhandene Eiweißausscheidungen etc. entfernt werden. Zur Entfernung der Bitterstoffe aus der Hefe zwecks Herstellung von Nährpräparaten empfiehlt J. Peeters (1) 35 das Waschen mit verdünnter Essigsäure (0,1 Proz.), wobei auch ein viel rascheres Absetzen der Hefe erzielt werden soll.

Die Herstellung von Hefenpräparaten für Nähr- und Genußzwecke, bei welcher die ganze Hefe, Zellinhalt mit Zellwand, Verwendung findet, soll zuerst betrachtet werden. Für diese Art der Hefenpräparate wird 40 die Hefe bei den meisten Verfahren nicht für sich allein verwendet, sondern erhält Zusätze, die entweder das Trocknen und das Verarbeiten der Hefe erleichtern oder geschmacklich verbessernd wirken.

H. Wegener (1) trocknet die gewaschene Hefe und versetzt sie nach vorhergehendem schwachem Rösten mit einem geringen Prozentsatz 45 gebrannten Kaffees oder gerösteter Cichorien. Der Aufguß eines solchen Präparats soll an Fülle des Geschmacks und an Nährstoff dem Kaffee überlegen sein. Nach demselben Autor soll auch getrocknete Hefe ein gutes Grundmaterial für Schnupfpulver geben. Auch als Streupulver an Stelle von Lykopodium kann nach seinen Angaben die getrocknete Hefe 50 verwendet werden. Kleinschmidt (1) schmilzt feste Hefe mit einem für den menschlichen Genuß geeigneten Fett unter Zusatz von Kochsalz in offenen Pfannen und setzt die Eindickung bis zum Verdampfen des Zell-

wassers fort, wobei die Mischung einer Temperatur von 150° C und darüber ausgesetzt wird. J. Müller (1) stellt Speisemehl dadurch her, daß er verflüssigter und auf 70—80° C erwärmter Hefe Stärke beliebiger Art oder Mehl zusetzt, wobei die Stärke verkleistert wird. Die Mischung wird hierauf getrocknet und durch Mahlen in Pulverform übergeführt. Das Speisemehl soll hauptsächlich für Suppen, Saucen, Gemüse u. dgl. benutzt werden. Siebel (2) bringt trockene Hefe mit Traubenzucker und feiner Stärke zusammen, wobei die vorher trockenen und festen Bestandteile sich zu einem Sirup vereinigen, der sowohl nach Konsistenz und Aussehen als auch in der Zusammensetzung mit kondensierter Milch Aehnlichkeit haben soll. Trocknet man diesen Sirup bei genügend hoher Temperatur, so tritt eine teilweise Caramelisierung ein. Das Resultat ist ein braunes aromatisches Produkt, das mit kochendem Wasser ein Getränk liefert, das in Farbe und Geschmack an Kaffee und Schokolade erinnern soll.

Von weit größerer Bedeutung als die Verfahren, welche die gesamte Hefe für Nährzwecke verwerten, und auch weiter ausgearbeitet sind jene Verfahren, welche nur die extraktiven Bestandteile der Hefe zur Herstellung von Nährpräparaten und Genußmitteln verwenden. Es handelt sich bei letzteren Verfahren einerseits darum, möglichst hohe Extraktausbeute zu erzielen, und andrerseits, Bedingungen einzuhalten, welche günstig auf die Zusammensetzung und den Geschmack des Produktes wirken. Die Vorschläge, welche zur Erreichung dieser Ziele gemacht worden sind, sind sehr mannigfaltige. Wir wollen nur in kurzen Zügen die wichtigsten der Verfahren aufführen. Die meisten davon sind patentiert, manche derselben sind im großen zur Ausführung gekommen und es sind auch verschiedene dieser Nährpräparate im Handel.

Wahl und Henius (1) waren unter den ersten, welche aus Hefe einen Extrakt bereiteten, um denselben als Nahrungsmittel zu verwenden. Sie kochen die vom Hopfenharz befreite, mit gleichen Teilen Wassers verdünnte Hefe 30 Minuten lang. Das Dekokt wird filtriert und die klare Flüssigkeit bis zur Sirupdicke eingedampft. E. Kressel (1) kocht die Hefe nicht, sondern erhält dieselbe 3 Stunden lang bei einer 58° C nicht überschreitenden Temperatur. Diese Temperatur reicht hin, die Hefe zu töten, ist aber nicht hoch genug, die Eiweißstoffe zu koagulieren. Zum Schluß wird mit Wasser verdünnt und durch eine Filterpresse die Flüssigkeit vom Rückstande getrennt. Die klare Flüssigkeit wird zur Pastenkonsistenz eingedampft. 5 kg gepreßte Hefe geben ungefähr 0,75 kg Extrakt von 20 Proz. Feuchtigkeit. In ganz ähnlicher Weise arbeitet Rückforth (2), nur erhält er das Gemisch von Hefe und Wasser bei einer höheren Temperatur als 58° C; die Grenze von 85° wird jedoch nicht überschritten. Auch das Verfahren von Elb (1) ist den beiden vorhergehenden ziemlich gleich, nur wird die Hefe in kleinen Portionen in größere Mengen Wasser von 60°—70° C eingetragen.

C. O. Sullivan (1) setzt die Hefe 8—10 Tage einer Temperatur von 26—38° C aus, mischt die halbflüssige Masse mit gleichen Teilen Wasser und filtriert. Das Filtrat wird auf 65—71° C gebracht, um die Eiweißstoffe zu koagulieren, und dann ca. 30 Minuten im Sieden erhalten. Die nochmals filtrierte Flüssigkeit wird zur Sirupdicke eingedampft. Diesem ähnlich ist das Verfahren von Watson (1).

Um den Zellsaft der Hefe zu gewinnen, läßt Rückforth (1) die Hefe bei Temperaturen von — 12 bis —15° C gefrieren und unterwirft die gefrorene Hefe rasch einer höheren Temperatur. Die so aufgeschlossene

Hefe kann nun auf beliebige Art zur Löslichmachung und Gewinnung des Zellinhaltes mit Reagentien behandelt werden. Während bei obigem Verfahren sämtliche Extraktivstoffe der Hefe in das Nährpräparat gelangen, hält DORMEYER die in der Hefe vorhandenen Extraktivstoffe, insbesondere auch das phosphorsaure Kali, für diätetische Eiweißpräparate 5 schädlich. Er bringt deshalb die Hefe auf 91° C, um das Eiweiß zu koagulieren, entfernt die Extraktivstoffe durch Filtration und gewinnt aus dem Filterrückstand durch 4—12-stündige Behandlung desselben mit gespannten Wasserdämpfen Eiweiß in nicht koagulierbarer Form.

E. JOHNSON (1) behandelt Brauerei- und Brennereihefe mit 0,5-proz. 10 Salzsäure oder Phosphorsäure und erhitzt dann das Gemisch $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Stunden unter dem Druck von $2^1/_2$ at. Nach dem Filtrieren wird die erhaltene Flüssigkeit mit Natronlauge neutralisiert und zur Extraktkonsistenz eingedampft. Auch PEETERS (2) verwendet bei einem früheren Verfahren gewisse Säuren oder Salze zur Extraktion der Hefe, gibt 15 aber in einem späteren Patente (4) ein Verfahren zur Reinigung von Hefenextrakten an, um den unangenehmen Geschmack und Geruch zu entfernen, der bei Extrakten auftritt, die durch Aufschließung der Hefe mittelst verdünnter Säuren erhalten werden. Es wird zu diesem Zweck der eingedickte Hefenextrakt wiederholt mit 95-proz. Weingeist ausge- 20 zogen, wodurch auch die für die Ernährung wertlosen Stoffe, wie Leucin, Tyrosin u. dgl., entfernt werden. Die Entfernung eines Teils der Kaliumsalze aus den Hefenextrakten sucht PEETERS (3) dadurch zu erreichen, daß er bei 60° abgetötete Hefe 12—15 Stunden mit ca. 0,3 Proz. Weinsäure behandelt. Die Kaliumsalze werden hierbei in Bitartrate übergeführt, 25 die sich ausscheiden und durch Filtration entfernt werden. Ein Drittel der Kaliumsalze kann so aus den Hefenextrakten ausgeschieden werden. Um Eiweiß aus Hefenextrakt abzuscheiden, behandelt S. W. GANS (1) den bis auf 70—80 Proz. Trockengehalt eingedickten Hefenextrakt mit Wasser und Kochsalz; der entstandene Eiweißniederschlag wird abfiltriert, 30 das Filtrat zur Sirupdicke eingedampft.

Eine Reihe von Verfahren basieren auf Verwendung von eiweißverdauenden Mitteln. So schlägt PEETERS (2) die Verwendung von Pepsin, Pankreas und Papain vor. Ein ähnliches Verfahren hat sich GOODFELLOW (1) patentieren lassen. Derselbe digeriert einen Teil der Hefe in salzsaurer 35 Lösung mit Pepsin, der andere Teil der Hefe wird in alkalischer Lösung mit einem Glycerinauszug aus Ochsen- oder Hammelspankreas behandelt. Ebenso benutzen TH. HILL-JONES (1) und KRESSEL (2) proteolytische Enzyme. Außerdem wird von denselben auch Formaldehyd oder überhitzter Wasserdampf zur besseren Ausnutzung der Hefe vorgeschlagen. 40 Auch DENAYER (1) benutzt solche Enzyme, die er auf Hefe, deren Zellwände zuerst durch Erhitzen unter Druck bis zu drei Atm. zerstört wurden, einwirken läßt. OVERBECK (1) digeriert die durch Kochen verflüssigte und auf 60° C abgekühlte Hefe mit Malzkeimen, worauf nach erfolgter Einwirkung die Mischung gekocht, filtriert und eingedampft wird. 45

Um die Ausscheidung des Protoplasmas aus der lebenden Hefenzelle zwecks Gewinnung von Hefeneiweiß behufs Verwertung als Nahrungsmittel zu bewirken, lassen H. BUCHNER und M. GRUBER (1) auf die in einem Ballon befindliche, von Luft befreite Hefe Aetherdämpfe einwirken. Das Eiweiß wird nach dem Abfiltrieren von den Zellresten 50 aus der erhaltenen Flüssigkeit durch Erhitzen koaguliert und getrocknet, um als nährender Zusatz zu Speisen zu dienen. Das Filtrat vom Eiweißcoagulum kann eingedickt und in Extraktform als Nährsubstanz für die

Züchtung von Hefen, Bakterien etc. verwendet werden. In einem weiteren Patente benutzen dieselben Autoren (2) zur Ausscheidung des Protoplasmas aus der Hefe geringe Mengen (etwa 5 Proz. der feuchten Hefe) verschiedener indifferenter organischer Lösungsmittel, wie Aether, Benzol, Toluol, Chloroform, Essigäther oder einen anderen Fettsäureäther, Schwefelkohlenstoff, Methylalkohol, Aceton, Methylpropylketon oder Glycerin *in flüssiger Form*, welche in die feuchte Hefe hineingeknetet werden. In einem Zusatzpatente mischen sie (3) der feuchten abgepreßten Hefe, bevor sie mit geringen Mengen genannter organischer Lösungsmittel versetzt wird, die Hälfte oder das gleiche Gewicht Wasser zu. Ransford (1) behandelt feuchte Hefe mit flüchtigen und flüssigen Lösungsmitteln (mit Ausnahme des Aethyläthers). Auch L. W. Gans (2) bringt zum Abscheiden des Zellinhaltes aus Hefe dieselbe mit kleinen Mengen organischer Flüssigkeiten, z. B. Essigsäureäthyläther, zusammen.

Um den Eiweißabbau und die Umsetzung der Eiweißkörper der Hefe zwecks Extraktgewinnung ohne gewaltsamen Eingriff zu bewirken, läßt G. Eichelbaum (1) auf durch Erhitzen getötete Bier- oder Brennereihefe oder auch auf das getrocknete und gemahlene und wieder angefeuchtete Hefenpulver Sporen einer Kultur von *Aspergillus Oryzae* oder eines verwandten Pilzes mindestens 8—10 Tage bei einer Temperatur von 32—38° C einwirken. Nach dieser Zeit werden 10 Proz. der angewandten Hefe Kochsalz zugefügt, die Masse mit heißem Wasser extrahiert, das abfiltrierte Extrakt eingedampft. Es sollen 20 Proz. der angewendeten feuchten Hefe an wohlschmeckendem Extrakt erhalten werden.

Andere Verfahren, die Hefe zu verflüssigen, resp. einen großen Teil des eiweißhaltigen Zellinhaltes aus der Hefe austreten zu lassen, basieren darauf, daß gewisse in Wasser lösliche indifferente Körper, wie Gummi arabicum und Kochsalz, der gereinigten und gepreßten Hefe bei niederen Temperaturen zugesetzt werden, wodurch nach kurzer Zeit Verflüssigung eintritt. Die Patente, welche auf diesem Verfahren beruhen, lassen sich streng in zwei Gruppen teilen: 1. Die Plasmolyse sowie der ganze Prozeß der Extraktgewinnung geht *unter Vermeidung von Selbstgärung* vor sich. 2. Die mit den plasmolysierenden Zusätzen versetzte Hefe wird der *Selbstgärung* überlassen. Zur ersten Gruppe gehört das Verfahren der Extraktgewinnung aus Hefe von L. Aubry (2) und der Wissenschaftlichen Station für Brauerei in München. Die gereinigte und gepreßte Hefe wird mit 5—10 Proz. Kochsalz versetzt, bei niedriger Temperatur einige Zeit stehen gelassen und dann 2—3 Stunden bei 50° digeriert; darauf wird die flüssige Masse in kochendes Wasser eingetragen. Das Ganze wird noch 2 Stunden gekocht und dann heiß abgepreßt. Der hohe Kochsalzgehalt verhindert Selbstgärung, welche den Wohlgeschmack des Extraktes wesentlich vermindern würde. A. Schmid (1) behandelt die Bierhefe zuerst mit Wasser, welches mit Weinsäure angesäuert ist, gibt dann 5 Proz. Kochsalz zu, worauf 7—8 Stunden auf 72—92° erwärmt wird. Die Flüssigkeit wird abfiltriert und eingedampft. Nach den Verfahren der zweiten Gruppe arbeitet die Aktiengesellschaft Force (1), welche die trockene Hefe durch Behandlung mit Gummi arabicum, Chlornatrium, kohlensaures Natron usw. bei niederen Temperaturen verflüssigt und die in Gärung befindliche Mischung von Zeit zu Zeit mit einer neuen Menge Hefe vermischt. Diese Operation wird bis zu 20 Tagen und darüber, während welcher Zeit sich die Hefe in Selbstgärung befindet, ausgedehnt. Aehnlich ist das Verfahren von

H. van Laer (2), welcher mit 2 Proz. Kochsalz verflüssigt und das Gemisch nach längerer Selbstgärung mit großen Mengen Wasser vermischt. Die von der Hefe durch Filtration getrennte Flüssigkeit wird zur Gewinnung des Alkohols destilliert, das hierbei sich ausscheidende Albumin wird gesammelt und getrocknet. Der flüssige Anteil, bestehend aus 5 Albumosen und Peptonen gibt eingedampft ein zu Nährzwecken geeignetes Präparat. Nach Aubry enthält der bei der Bereitung des Hefenextrakts nach seinem Patent erhaltene Rückstand, der aus Zellresten und koaguliertem Eiweiß besteht, noch hohen Nährwert. Aus demselben kann durch künstliche Verdauung ein weiterer, aber minderwertiger und 10 weniger wohlschmeckender Extrakt zur Bereitung von Nährzwieback und anderen konzentrierten Nahrungsmitteln hergestellt werden. Auch als Zusatz bei der Käsebereitung kann dieser Rückstand zufolge Aubry (3) benutzt werden.

Die große Anzahl von Patenten, welche zur Umwandlung der 15 Brauereiabfallhefe in ein menschliches Nahrungs- und Genußmittel genommen wurden, die vielen Verfahren, welche zu diesem Zwecke bis heute ausprobiert wurden und zur Anwendung kamen, lassen die große Bedeutung erkennen, welche dieser Sache beigemessen wird. Es soll jedoch auch nicht verschwiegen werden, daß manche von derartigen 20 Präparaten, welche auf dem Markte erschienen sind, im Laufe von wenigen Jahren wieder aus dem Handel verschwunden sind oder eine bedeutend geringere Nachfrage erfahren.

Mit der Verbreitung der verschiedenen Hefenextrakte im Handel erschienen auch in der einschlägigen Literatur Arbeiten, die sich mit 25 der Zusammensetzung und Untersuchung solcher im Handel befindlichen Präparate beschäftigten. So hat A. Searl (1) eine Methode zum Nachweis von Hefenextrakt im Fleischextrakt ausgearbeitet, die 1 Proz. Hefenextrakt im Fleischextrakt erkennen lassen soll. Hefenextrakt soll mit Fehling'scher Lösung einen hellblauen Niederschlag geben, was Fleisch- 30 extrakt nicht tut. H. E. Davies (1) hält die Searl'sche Reaktion für quantitative Untersuchung nicht geeignet. M. Wintgen (1) benutzt zum qualitativen Nachweis von Hefenextrakt im Fleischextrakt die Tatsache, daß die mit Zinksulfat ausgesalzenen Eiweißstoffe bei Fleischextrakt völlig klar ablaufen, während die Hefenextrakte starke Trübung zeigen. 35 A. Wolff (1) bringt eine Mitteilung über die Herstellung und Zusammensetzung der Hefeneiweißpräparate. Lebbin (1) teilt die chemische Zusammensetzung von Ovos, eines aus Hefe hergestellten Fleischextraktersatzmittels, A. Wolff (2) die der Hefenextrakte Siris, Ovos und Wuck mit. Eingehende vergleichende Untersuchungen von Fleischextrakt und 40 deren Ersatzmitteln hat K. Micko (1) ausgeführt. Insbesondere wurde in dieser Arbeit auf die Menge des Xanthinbasen-Stickstoffs in den verschiedenen Fleisch- und Hefenextrakten des Handels Rücksicht genommen. Daran anschließend veröffentlichte derselbe Autor (2—4) weitere Untersuchungen über die Xanthinbasen der Fleisch-, Hefen- und anderer Nähr- 45 extrakte. Aus seiner Arbeit geht hervor, daß das Adenin die Hauptmasse der in dem Hefenextrakt enthaltenen Xanthinbasen bildet. Dem Adenin folgen dann der Menge nach das Guanin, das Hypoxanthin und schließlich das Xanthin. Carnin, welches in der Hefe vorkommen soll, konnte nicht nachgewiesen werden (vgl. Bd. I, S. 250). Ueber die Zusammen- 50 setzung einiger neuer Speisewürzen berichtet J. Graff (1). Es wurden die Erzeugnisse aus Fleisch, ferner die Hefenextrakte sowie sonstige meist aus Pflanzen hergestellte Suppenwürzen in den Kreis der Unter-

suchung gezogen. Nachstehende Tabelle bringt die Analysen von zehn im Handel vorkommenden Hefenextrakten.

Bezeichnung	Wasser Proz.	Organische Stoffe Proz.	Gesamtstickstoff Proz.	Albumosenstickstoff Proz.	Pepton- u. Basenstickstoff Proz.	Ammoniak Proz.	Xanthinbasenstickstoff Proz.	Fett (Aetherextrakt) Proz.	Stickstoffreie Extraktstoffe Proz.[1]	Mineralstoffe Proz.	Chlor (Cl) Proz.	Phosphorsäure (P_2O_5) Proz.	Preis für 1 kg in Mark
1. Siris	28,45	50,40	7,22	0,50	2,68	0,29	1,044	0,53	11,27	15,15	1,29	6,93	9,50
2. Pana	60,52	18,88	1,53	0,19	0,58	—	0,112	0,41	9,32	20,60	9,72	1,49	6,00
3. Beduin	55,81	22,69	2,67	0,33	1,19	0,12	0,521	0,27	6,00	21,50	9,20	2,68	3,46
4. Obron	66,50	14.05	2,05	0,28	0,83	0,10	0.326	0,30	1.42	19.45	8,97	1,99	3,75
5. Ovos, flüssig	71,09	11,42	2,97	0,29	1,38	0,15	0,410	0,22	—	17.49	6,49	3,29	—
6. Ovos, fest	25,99	48.47	5,71	1,18	3,03	0,27	1.869	0,30	12.78	25,54	8,39	5,67	7,50
7. Sitogen, flüssig	61,51	21,19	1,98	0,33	0,85	0,13	—	0,31	8,82	17,30	6,70	2,35	—
8. Sitogen, fest	33,43	45,65	5,33	1,41	1,79	—	—	0,32	12,33	22,92	7,07	5,49	5,16
9. Bios (Hefenpreßsaft?), flüssig	31,73	47,65	4,54	0,71	2,20	—	0,363	0,42	19,21	20.62	7,36	3,65	10,60
10. Bios, fest	27,92	50,50	6,68	1,02	3,84	—	0,523	0,24	8,75	21.58	5.13	5,67	12,36

§ 30. Die Verwertung der Brauereihefe zu therapeutischen Zwecken.

Schon seit alters her fand die Hefe als anregendes und antiseptisches Mittel Anwendung. So haben zufolge Cossmann schon Hippokrates und Dioskorides geröstete Hefe empfohlen. Sie wurde auch später vielfach bei Skorbut und typhusartigen Fiebern in innerlichen Gaben sowie zu Umschlägen bei offenen und übelriechenden Geschwüren verwendet. In neuerer Zeit ist sie besonders von französischen Forschern wieder als wirksames Heilmittel lebhaft empfohlen worden. In der deutschen Literatur wurde schon im Jahre 1852 von J. R. Mosse Mitteilung gemacht, daß in schwierigen Fällen von Furunkulose rasche und vollkommene Heilung durch Bierhefe erzielt wurde. Nach neueren Erfahrungen soll die Hefe auch bei Milzbrand, bei Pocken und Masern, Akne und Rotlauf mit günstigstem Erfolge verwendet worden sein. Die Hefe soll vom Magen nur wenig angegriffen werden und noch kräftig in den Darm gelangen. Wenn auch die allgemeinere Verwendung der Hefe in der Therapie erst seit kurzer Zeit gebräuchlich ist, so liegen doch schon sehr viele günstige Erfahrungen darüber vor. Eingehende Mitteilungen finden sich darüber in der Arbeit von P. Krause (1). Aufschlüsse über die medizinische Verwendung der Hefe und ihrer Präparate gibt auch E. Merck (1).

Ueber die Frage, welchen Bestandteilen der Hefe die hauptsächlichste Heilwirkung zuzuschreiben ist, sind die Meinungen noch geteilt. Von einer Seite wird diese der Gärwirkung der Hefe zugeschrieben und die in der Hefe vorhandenen Enzyme, vor allem die Zymase, als die Träger der baktericiden Eigenschaften betrachtet. Auch das in der Hefe vorhandene Nuclein und die Nucleinsäuren (s. Bd. I. S. 248 u. 252) gelten von anderer Seite als heilkräftig. So hat Thomson im Jahre 1899

[1]) Aus der Differenz von 100 — (Wasser + Stickstoffsubstanz + Aetherauszug + Mineralstoffe) berechnet.

ein Patent auf die Gewinnung von Hefennuclein genommen. SCHMOLL (1) stellt ein eisenhaltiges Nucleinpräparat durch Züchten von Hefe auf eisenhaltigem Nährboden und Verdauen der Hefe dar (vgl. auch Bd. I, S. 248). ROOS und HINSBERG (1) halten das Hefenfett für das wirksame Prinzip. Sie stellten aus Hefe ein Neutralfett dar, Cerolin genannt, 5 welches als mildes Abführmittel empfohlen wird. Selbe haben gefunden, daß auch die günstigen Wirkungen, welche Hefe bei Furunkulose und ähnlichen Erkrankungen der Haut hervorbringt, in einer Reihe von Fällen durch Cerolin erreicht wurden. SARGENT (1) hat auf andere Weise versucht, die wirksame Substanz, welche die Heilwirkung der Hefe be- 10 dingt, zu gewinnen. Er stellte einen wässerigen Auszug aus einer Hefe her, welche durch 24-stündigen Aufenthalt in absoluten Alkohol abgetötet und dann bei 37° C zwischen sterilem Papier getrocknet war. Die filtrierte Flüssigkeit rief bei Tieren dieselbe heilende und prophylaktische Wirkung hervor wie die lebende Hefe. Bei der lang andauernden Ein- 15 wirkung des absoluten Alkohols auf die Hefe ist kaum anzunehmen, daß die auf diese Weise vorbereitete Hefe und dementsprechend der daraus dargestellte wässerige Auszug wirksame Zymase in bemerkenswerter Menge enthalten wird.

Bis in die letzten Jahre kam für therapeutische Zwecke fast aus- 20 schließlich die frische Brauereihefe zur Verwendung. Da sich jedoch die Hefe nur ganz kurze Zeit frisch hält und in gutem Zustande und von gleichmäßiger Beschaffenheit nicht zu jeder Zeit und an allen Orten leicht zu erlangen ist, hat man in neuerer Zeit der Darstellung von gleichmäßigen und haltbaren Hefenpräparaten das Augenmerk zugewendet. 25 Derartige Präparate werden dargestellt, indem man der Hefe den größten Teil ihres Wassers entzieht. Dies kann auf zweierlei Weise geschehen: durch vorsichtiges Trocknen anfangs bei niedrigen Temperaturen, oder indem man die Hefe mit indifferenten wasserentziehenden Flüssigkeiten, wie Alkohol, Aceton usw., zusammenbringt. Bei den meisten 30 derartigen Hefenpräparaten ist die Hefe zwar tot, sie ist steril, aber sie enthält noch mehr oder weniger Zymase und kann deshalb noch eine gewisse Gärwirkung ausüben, wenn auch dieselbe im Vergleich mit der Gärwirkung der gleichen Menge frischer Hefe eine minimale ist.

Hefe, die auf gewöhnliche Weise abgestorben ist, enthält keine 35 Zymase mehr. Die Isolierung dieses Enzyms gelingt nur, wenn die frischen Zellen bei niederer Temperatur getrocknet und erst nachher bis zur Sterilisation erhitzt werden (vgl. d. 17. Kap. d. IV. Bds.). Ein anderes Verfahren, sterile haltbare „Dauerhefe“ zu erhalten, ist das von R. ALBERT (1), welcher Hefe in ein Gemisch von Alkohol und Aether 40 einträgt. Es muß hierbei rasch verfahren werden, der Alkohol möglichst rasch abgesaugt und mit Aether sorgfältig ausgewaschen werden, da derselbe bei längerer Einwirkung einen deutlich schädigenden Einfluß auf die Zymase ausübt. Die auf obige Weise erhaltene Dauerhefe enthält 5—8 Proz. Wasser und weist noch unveränderte Zymase auf. 45 R. ALBERT, E. BUCHNER und R. RAPP (1) haben versucht, die Anwendung von Alkohol zu umgehen, und haben im Aceton einen geeigneten Ersatz gefunden. Ihr Verfahren zur Herstellung von „Acetondauerhefe“ ist folgendes. Frische gewaschene Brauereiunterhefe wird bei einem Druck von 15—30 kg auf 1 qcm entwässert. 500 g der gepreßten Hefe werden 50 zu grobem Pulver zerrieben, auf einem Sieb in 3 l Aceton eingetaucht und durch Heben und Senken des Siebes durch die engen Maschen geschwemmt. Nach 10 Minuten langem Liegen der Hefe in Aceton wird

die Flüssigkeit nach dem Absetzen der Hefe abgegossen und die Hefe durch Absaugen vom Aceton möglichst befreit. Der zerkleinerte Hefenkuchen wird dann nochmals in Aceton verteilt, und dann wird nach 2 Minuten langer Einwirkung das Aceton wieder auf einer Nutsche abgesaugt. Der Hefenkuchen wird nun grob gepulvert und mit 250 ccm Aether übergossen. Nach 3 Minuten langer Einwirkung filtriert man den Aether auf der Nutsche unter kräftigem Saugen ab. Nach Zerkleinern der Hefe wird der Aether zum größten Teil an der Luft abdunsten gelassen und die Hefe dann bei 45° C im Trockenschrank getrocknet. Die so gewonnene Acetondauerhefe stellt ein fast weißes staubtrockenes Pulver dar, dessen Geschmack im ersten Augenblick wenig ausgeprägt ist, dann aber intensiv an Hefe erinnert. Das Produkt enthält noch 5,5—5,6 Proz. Wasser; die Ausbeute beträgt 30 bis 32 Proz. vom Gewichte der angewandten entwässerten Hefe. Die Sterilität der so dargestellten Acetondauerhefe ist eine vollkommene, die Gärkraft derselben ist im Vergleich mit der Alkohol-Aether-Dauerhefe eine bedeutend kräftigere.

P. Krause teilt in seiner oben erwähnten Abhandlung eingehende Untersuchungen über sieben derartige Hefentrockenpräparate mit. Zur Untersuchung kamen Zymin, Levure de Bière, Roos'sche Tabletten, Cerevisine, Levurinose, Furunculine und Reolkugeln. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich in folgender Weise zusammenfassen: Vom Standpunkte der therapeutischen Verwendbarkeit ist dasjenige Hefenpräparat als das beste anzusehen, welches keine Hefenzellen mehr besitzt, dagegen bei geringem Wassergehalte die größte Gärkraft, bakterieide und verdauende Eigenschaften aufweist. Unter diesem Gesichtspunkte ist zweifellos Zymin das beste und empfehlenswerteste Präparat, als zweites folgt Levure de Bière.

Ueber die kräftige Heilwirkung von Bierhefe überhaupt und von gärkräftigen Dauerhefenpräparaten insbesondere veröffentlicht H. Paschkis (1) eine Reihe von Beobachtungen an Fällen von Akne, Furunkulose usw. Ebenso erzielte W. Albert (1) bei vaginaler Verwendung gute Erfolge. Ueber die baktericide Wirkung verschiedener Hefenpräparate berichten R. Ledermann und M. Kloppstock (1) sowie R. Rapp (1), welch letzterer der Acetondauerhefe (Zymin) eine beträchtliche Ueberlegenheit gegenüber den anderen Präparaten zusprechen kann. Auch A. Wolff (3) bespricht die Hefe als Arzneimittel; er hält das Furunculine für ein Gemisch von trockener Hefe mit viel Mehl, dessen wirksamer Gehalt schwer zu kontrollieren ist, und hält die Buchner'sche Alkohol-Aether-Hefe für haltbarer. Derselbe Autor (4) weist in einer weiteren Mitteilung darauf hin, daß die Hefe vom Magen nur wenig angegriffen wird und deshalb vorteilhaft bei Zuckerkranken zur Verarbeitung größerer Mengen von Kohlenhydraten gegeben werden kann.

§ 31. Die Verwendung der Brauereiabfallhefe zu Fütterungszwecken und als Düngemittel.

Der hohe Gehalt der Hefe an leicht verdaulichen stickstoffhaltigen Stoffen, an Fett sowie an phosphorsauren Salzen machen dieselbe zu einem Futtermittel sehr geeignet. C. Brucker (1) teilte im Jahre 1898 mit, daß er Hefe bereits vor 14 Jahren mit Erfolg als Futtermittel verwendete. Sie wurde mit heißer Schlempe übergossen, das Ganze noch

einmal aufgekocht und mit anderen Futtermitteln vermischt gegeben. E. Pott (1) machte schon im Jahre 1889 auf den hohen Nährwert der Hefen aufmerksam und brachte praktische Vorschläge zur Zubereitung der Hefe für diese Zwecke. Um dieselbe zu verfüttern, ist es jedoch unumgänglich notwendig, durch Kochen oder Dämpfen die Hefenzellen 5 und die anderen etwa in der Hefe vorhandenen Organismen zu töten, um Gärwirkung im Magen der Tiere auszuschließen. Die gut abgekochte oder gedämpfte Hefe kann an Milchkühe oder Mastrinder als Nebenfutter verabreicht werden; selbes soll entschieden günstig auf die Milchproduktion einwirken. In der Regel verwertet sie sich am besten als 10 Futter für Schweine, weil diese Tiere ohnehin meistens Koch- oder Dämpffutter erhalten. Wichtig ist, daß die Hefe immer ganz frisch und unverdorben ist, da dieselbe im gegenteiligen Falle gesundheitsschädliche, faulige Substanzen enthält. Pott schlägt vor, die frische Hefe in solche Form zu bringen, daß sie als Handelsfuttermittel zu verwerten 15 wäre, und gibt an, in welcher Weise frische Hefe zu behandeln wäre, um daraus haltbare Hefenzwiebacke und Bierhefenkuchen herzustellen. Wenn man zu ihrer Herstellung außerdem holzfaserhaltige Materialien, wie z. B. Biertreber und Strohhäcksel, verwendet, würden diese Zwiebacke auch für Pferde, und zwar zum teilweisen Ersatz der sonst 20 üblichen Körnerration, verwendbar sein. J. Stelckel (1) kocht möglichst von Wasser befreite Hefe mit Dampf, mischt dieselbe mit Brauereiabfällen, wie Trebern, Malzstaub, Trub usw., sowie Futterstoffen, wie Heu, Hafer usw. Das Gemenge wird entweder direkt verfüttert oder zu Kuchen gepreßt und getrocknet. Nach einem englischen Patent 20060 25 wird Hefe zwischen heißen Walzen in dünne Plättchen ausgerollt; dieselben trocknen an den heißen Walzen rasch aus und werden dann mit anderen Futterstoffen zu Kuchen gepreßt. Aubry (2) schlägt vor, die Preßrückstände von der Extraktbereitung aus Hefe durch Mischen mit geeigneten Materialien als Mischfutter zu verwenden. Auch C. Dormeyer (1) hat 30 durch Mischen von gleichen Teilen von Rückständen von der Hefenextraktbereitung mit Trockentrebern ein als Viehfutter geeignetes Präparat hergestellt. Die Vorbereitung für die Verwertung der Abfallhefen geschieht nach J. ten Doornkaat-Koolmann (1) am besten durch halbstündiges Aufkochen mit Dampf in einem Holzbottich. Die erhaltene 35 breiige Masse läßt man nach dem Erkalten in Mengen bis zu 1 kg per Tag und etwa 100 Pfd. Lebendgewicht dem Viehfutter beimischen. Solche Hefe, welche ungefähr eine Woche haltbar ist, wird auch an landwirtschaftliche Betriebe verschickt. Wegen der in letzter Zeit vielfach hervorgehobenen enzymatischen Wirkung der Hefe läßt derselbe 40 Autor versuchsweise die ungekochte Hefe dem aus Glattwasser, Malzpolierstaub, minderwertigen Trebern und anderen Rückständen bereiteten Schweinefutter bei einer Temperatur von 30—35° C bis zu 1 kg per Tag und 100 Pfd. Lebendgewicht beimengen, eine Stunde bei dieser Temperatur halten und darauf eine halbe Stunde das Gesamtfutter aufkochen, 45 nach dem Erkalten mit entsprechenden Mengen von Gerstenmehl mischen und verfüttern.

Bei dem hohen Gehalt der Hefe an Stickstoffsubstanzen, an Phosphorsäure und Kalium eignet sie sich vorzüglich auch zur Düngung. Die Zusammensetzung einer abgepreßten Hefe (vgl. Bd. IV, S. 92) mit 70 Proz. 50 Wasser ist nach Backer (1) folgende: Phosphorsäure 5,6 Proz., Kali 3,5 Proz., Kalk 0,50 Proz., Stickstoff (als NH_3) 9,96 Proz. Der Wert der Hefentrockensubstanz stellt sich auf ungefähr 13,6 Mk. pro 100 kg.

Ein großer Nachteil bei der Verwendung der Hefe für diesen Zweck ist die Schwierigkeit der Konservierung. JOHNSON schlug im Jahre 1897 vor, die Hefe zu trocknen und sie dann noch mit Phosphaten oder Mergel zu mischen. WARDLE mischt die Hefe mit ausgebrautem Hopfen und trocknet im heißen Luftstrome. BACKER (1) erhielt auch gute Resultate, indem er die Hefe mit kleinen Mengen von Schwefelsäure bei ca. 100° C behandelte, dann mit Calciumkarbonat oder einem Gemisch mit Pottasche neutralisierte. Die Gasentwicklung macht das Produkt sehr porös und ermöglicht die leichte Austrocknung und nachfolgende Pulverisierung. Die Phosphate sind in diesem Dünger in leicht löslicher Form vorhanden. P. SCHIDROWITZ und T. KAYE (1) mischen getrocknete Brauerei- und Brauereiabfallhefe mit Kalk und gewinnen daraus durch trockene Destillation Ammoniak, ein dem Knochenteer ähnliches Produkt und Koks, welcher als Düngemittel verwendet werden kann.

Literatur

zum Kapitel Die Züchtung von Brauereihefe im großen.

*Albert, R., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1900, Bd. 33, S. 3775. *Albert, W., (1) Centralbl. f. Gynäk., 1902, Nr. 33. *Albert, R., Buchner, E., und Rapp, R., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1902, Bd. 35, S. 2377. *Artari, Alex., (1) Abhandl. d. Naturf. Ges. z. Halle, 1897, Bd. 21, S. 113. *Aubry, L., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1899, Bd. 22, S. 699. — (2) D. R. Patent 120346. — (3) D. R. Patent 118667. *Backer, J. L., (1) J. federated Inst. Brewing; Allgem. Zeitschrift f. Bierbrauerei und Malzfabrikat., 1904, Bd. 32, S. 149. *Balling, C. J. N., (1) Die Gärungschemie etc., Prag 1845—1847. — (2) Desgl., 2. Aufl., Prag 1854, Bd. 2, S. 198. *Bauer, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1895, Bd. 18, S. 85. *Bendixen, N., (1) Allg. Brauer- u. Hopfen-Ztg., Nürnberg, 1899, I, S. 310. *Bernard, Cl., (1) Leçons sur les phénomènes de la vie, Paris 1878, S. 54; cit. n. Pfeffer (1). *Bleisch, C., und Schweitzer, R., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1899, Bd. 22, S. 515. *Bodenstein, (1) W. f. Brauerei, 1885, Bd. 2, S. 281. *Böhm, Heinr., (1) D. R. Patent 35752 v. 18. 11. 1885. *Brefeld, O., (1) Landw. Jahrbücher, 1875, Bd. 4, S. 415. *Brucker, C., (1) Allgem. Brauer- u. Hopfen-Ztg., 1898, Bd. 38, S. 1280. *Buchner, Ed., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1898, Bd. 31, S. 1531. *Buchner, H., und Gruber, M., (1) D. R. Patent 113181. — (2) D. R. Patent 137643. — (3) D. R. Patent 137995. *Cagniard-Latour, Ch., (1) Ann. de chim. et de phys., 1838, Bd. 68, S. 206. *Cave, G. G., (1) The Brewer's Journal, New-York-Chicago, 1895, Bd. 19, S. 355. *Černý, Franz, (1) Oesterr. Brauer- u. Hopfen-Ztg., 1902, Bd. 15, S. 143. *Claussen, N. Hjelte, (1) J. federated Inst. Brewing, 1904, Bd. 10, S. 308; W. f. Brauerei, 1904, Bd. 21, S. 370. *Collette, A., und Boidin, A., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1901, Bd. 24, S. 128. *Davies, H. E., (1) Pharmac. Journ., 1904, Bd. 72, S. 86. *Delbrück, M., (1) Jahrb. d. Versuchs- und Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1899, Bd. 2, S. 177. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 4, S. 295. — (3) W. f. Brauerei, 1895, Bd. 12, S. 66. *Denayer, (1) Engl. Patent 13032. *Doemens, A., (1) Allgem. Brauer- u. Hopfen-Ztg., 1897, II, S. 2225. — (2) 6. Jahresb. d. Lehranstalt u. Versuchsstat. d. Münchener Brauerakademie, 1899—1900, S. 28; Z. f. d. ges. Brauwesen, 1901, Bd. 24, S. 108. *Doornkaat-Koolmann, J. ten, (1) W. f. Brauerei, 1903, Bd. 20, S. 596. *Dormeyer, C., (1) Jahrb. d. Versuchs- u. Lehranst. f. Brauerei in Berlin, 1899, Bd. 2, S. 187. *Durst, Otto, (1) Handbuch der Preßhefefabrikation, 2. Aufl., Berlin 1896. *Effront, Jean, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1896, Bd. 19, S. 183; Engl. Patent Nr. 4598 von 1895. *Eichelbaum, G., (1) D. R. Patent 116127. *Elb, (1) D. R. Patent 130362. *Elion, H., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1888, Bd. 11, S. 33. *Fernbach, L., (1) Allg. Brauer- u. Hopfen-Ztg., 1890, II, S. 1721. *Fischer, Bernhard, und Brebeck, Carl, (1) Zur Morphologie, Biologie u. Systematik d. Kahmpilze, d. Monilia candida Hansen u. d. Soorerregers, Jena 1894, S. 32. *Fischer, H., (1) W. f. Brauerei, 1895, Bd. 12, S. 272. *Force, (1) D. R. Patent 122168. *Gans, L. W., (1) D. R. Patent 151561 v. 15. 10. 1902. — (2) Amerik. Patente 785733 u. 785734. *Goodfellow, (1) Engl. Patent 13722. *Graff, (1) Z. f. Untersuchung d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1904, Bd. 7, S. 391. *Gronow, W., (1) W. f. Brauerei, 1891, Bd. 8, S. 441. *Hansen, E. Chr., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1882, Bd. 1, S. 197. — (2) Ebenda, 1883, Bd. 2, S. 13. — (3) Ebenda, 1883, Bd. 2, S. 52. — (4) Ebenda, 1886, Bd. 2, S. 92. — (5) Ebenda, 1891, Bd. 3, S. 24. — (6) Ebenda, 1898, Bd. 4, S. 93. — (7) Bot. Centralbl., 1885, Bd. 21, S. 181. — (8) J. federated Inst. Brewing, 1900, Bd. 6, S. 22. — (9) Allgem. Zeitschr. f. Bierbrauerei u.

Malzfabr. Wien, 1887, S. 518 u. 580. — (10) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1888, Bd. 11, S. 273 u. 304. — (11) Unters. a. d. Praxis d. Gärungsindustrie, Heft I, 1. Aufl. 1888, 3. Aufl. 1895. — (12) Desgl., H. II. München 1892. ***Harden,** Arthur, und **Rowland,** Sydney, (1) Journal Chemical Society, 1901, Bd. 79, S. 1227. ***Hassal** und **Hehner,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1880, Bd. 3, S. 311. ***Hayduck,** M., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1885, Bd. 8, S. 723. ***Heinzelmann,** G., (1) W. f. Brauerei, 1899, Bd. 16, S. 306. ***Henius,** L., (1) American Brewer's Review, 1895, S. 449; ref. in Kochs Jahresb., 1895, Bd. 6, S. 172. ***Henneberg,** W., (1) W. f. Brauerei, 1904, Bd. 21, S. 260. — (2) Ebenda, S. 625. — (3) Z. f. Spiritusindustrie, 1904, Bd. 27, S. 96. ***Heron,** J., (1) Diary for the Brewing Room for 1896; W. f. Brauerei, 1896, Bd. 13, S. 163. — (2) Z. f. Spiritusindustrie, 1901, Bd. 24, S. 128. ***Hill-Jones,** (1) Engl. Patent 15145. ***Hoffmann,** Hermann, (1) Karstens Bot. Untersuchungen, 1867, Bd. 1, S. 359. — (2) Bot. Ztg., 1869, Bd. 27, S. 233. ***Holm,** J. Chr., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1899, Bd. 5, S. 641. ***Hotz,** John, (1) American Brewer's Review, 1896, Bd. 9, S. 297. ***Jacquemin,** G., (1) Ref. in Kochs Jahresb., 1898, Bd. 9, S. 100. ***Jörgensen,** Alfr., (1) Allg. Zeitschr. f. Bierbr. u. Malzfabr., 1885, Bd. 13, S. 717. — (2) Transact. Inst. Brewing, 1894, Bd. 7, S. 227. — (3) J. federated Inst. Brewing, 1903, Bd. 9, S. 294. — (4) Die Mikroorganismen der Gärungsindustrie, 3. Aufl., Berlin 1892. ***Jörgensen,** A., und **Holm,** Just. Chr., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1893, Bd. 16, S. 126. ***Johnson,** E., (1) Engl. Patent 29183. ***Kayser,** E., (1) Ann. Pasteur, 1889, Bd. 3, S. 513. — (2) Ebenda, 1890, Bd. 4, S. 321. — (3) Ebenda, 1892, Bd. 6, S. 569. — (4) La Bière, 1895, S. 14. — (5) Les Levures, Paris 1896, S. 26. ***Kiesewalter,** A., (1) Norddeutsche Brauerztg., 1886, Bd. 11, S. 334. ***Kleinschmidt,** (1) D. R. Patent 105573. ***Klöcker,** Alb., (1) Die Gärungsorganismen etc., Stuttgart 1900. ***Krause,** P., (1) Die Therapie der Gegenwart, 1904, Bd. 45, S. 101. ***Kressel,** E., (1) D. R. Patent 89819. — (2) Engl. Patent 18714. ***Kues,** W., (1) Oesterr. Patent 14061. ***van Laer,** H., (1) Transact. Inst. Brewing, 1894, Bd. 7, S. 55. — (2) D. R. Patent 117303. ***Lasché,** A., (1) Der Braumeister, Chicago 1892; Z. f. d. ges. Brauwesen, 1892, Bd. 15, S. 113. ***Lebbin,** (1) Mediz. Wochenschr., 1901, S. 195. ***Ledermann,** R., und **Kloppstock,** M., (1) In Ber. ü. d. Verhandl. d. 79. Versammlung Deutscher Naturf. u. Aerzte in Karlsbad 1902. ***Lindner,** P., (1) Mikroskop. Betriebskontrolle in d. Gärungsgewerben, 4. Aufl., Berlin 1905. — (2) W. f. Brauerei, 1888, Bd. 5, S. 917. — (3) Ebenda, 1892, Bd. 9, S. 623. — (4) Allg. Brauer- u. Hopfen-Ztg., 1892, II, S. 1834. — (5) Jahrbuch d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1899, Bd. 2, S. 235. — (6) Ebenda, 1904, Bd. 7, S. 451. ***Lintner,** Carl, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1884, Bd. 7, S. 245. ***Luff,** G., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1902, Bd. 25, S. 346. ***Manassein,** Maria **von,** (1) In Wiesners Mikroskop. Untersuchungen, Stuttgart 1872, S. 116. ***Martinand,** V., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1891, Bd. 113, S. 782. ***Marx,** L., (1) Le Laboratoire du Brasseur, 2. Aufl., Paris 1888. ***Melsens,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1870, Bd. 70, S. 629. ***Merck,** E., (1) Jahresberichte, Darmstadt 1899 u. f. ***Micko,** K., (1) Z. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1902, Bd. 5, S. 193. — (2) Ebenda, 1903, Bd. 6, S. 281. — (3) Ebenda, 1904, Bd. 7, S. 257. — (4) Ebenda, 1904, Bd. 8, S. 225. ***Müller,** J., (1) D. R. Patent 140863. ***Munsche,** Albert, (1) W. f. Brauerei, 1895, Bd. 12, S. 598. ***Nathan,** L., (1) W. f. Brauerei, 1902, Bd. 19, S. 597. ***Overbeck,** (1) D. R. Patent 107737. ***Paschkis,** H., (1) Wiener klin. Wochenschr., 1902, Nr. 32. ***Pasteur,** Louis, (1) Études sur la bière, ses maladies, causes qui les provoquent, procédé pour la rendre inaltérable, avec une théorie nouvelle de la fermentation, Paris 1876. ***Paupié,** F. A., (1) Die Kunst des Bierbrauens, Prag 1794. ***Peeters,** J., (1) D. R. Patent 121579. — (2) Belg. Patent 131555 v. 1897 — (3) D. R. Patent 124985. — (4) D. R. Patent 142302. ***Pfeffer,** W., (1) Pflanzenphysiologie, Leipzig 1881, Bd. 2, S. 453. ***Pictet,** R., und **Yung,** E., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1884, Bd. 98, S. 747. ***Planitz,** Hans **von der,** (1) Allgem. Zeitschr. f. Bierbrauerei u. Malzfabrikat., 1883, Bd. 11, S. 89. ***Pohl,** C., und **Bauer,** H., (1) D. R. Patent Nr. 64372; Z. f. d. ges. Brauwesen, 1893, Bd. 16, S. 3. ***Pott,** E., (1) Die landwirtschaftlichen Futtermittel, 1889. ***Prior,** E., (1) Bayer. Brauer-Journal, 1891, S. 389. ***Ransford,** (1) Engl. Patent 8722 v. 27. 4. 1901. ***Rapp,** R., (1) Münchener mediz. Wochenschr., 1902, Bd. 49, Nr. 36. ***Reichenkron,** (1) D. R. Patent 3873, Klasse 6. ***Reinke,** O., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1888, Bd. 11, S. 287; W. f. Brauerei, 1888, Bd. 5, S. 745. — (2) W. f. Brauerei, 1891, Bd. 8, S. 703. — (3) Ebenda, 1892, Bd. 9, S. 1009. ***Reisenbichler,** (1) Der Bierbrauer, 1879, Bd. 10, S. 348. ***Roos,** E., und **Hinsberg,** O., (1) Münchener mediz. Wochenschr., 1903, Bd. 50, S. 1196. ***Rückforth,** (1) D. R. Patent 107249. — (2) D. R. Patent 112099. ***Sargent,** (1) Ann. Pasteur, 1903, Bd. 17, S. 631. ***Schidrowitz,** P., und **Kaye,** T., (1) Engl. Patent 6604 v. 21. 3. 1903. ***Schifferer,** A., (1) Prakt. Betriebskontrolle e. Mälzerei- u. Brauereibetriebes, München 1901. ***Schmid,** A., (1) Russ. Privileg 6200 v. 31. 1. 1902. ***Schmoll,** (1) Z. d. österr. Apothekervereins, 1903, Bd. 59, S. 799. ***Schönfeld,** H., (1) W. f. Brauerei, 1901, Bd. 18, S. 548. — (2) Ebenda, 1902, Bd. 19, S. 146. ***Schröder,** (1) Untersuch. aus d. bot. Institut Tübingen, Bd. 2, S. 38. ***Schröder,** R., (1) Beiträge z. chem. Physiologie u. Pathol., 1902, Bd. 2,

S. 309. ***Schüler,** P., (1) Der Bierbrauer, 1899, Bd. 30, S. 89. ***Schützenberger** und **Maurice,** Léon, (1) Franz. Patent Nr. 309424 v. 27. 3. 1901. ***Schumacher,** Emil, (1) Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., 1874, Bd. 70, Abt. I, S. 157. ***Schwackhöfer,** F., (1) Mitt. d. Oesterr. Versuchs-Stat. f. Brauerei u. Mälz. Wien, 1889, H. 2, S. 2. ***Searl,** A., (1) Pharm. Journ., 1903, Bd. 17, S. 516 u. 704. ***Siebel,** J. E., (1) Allgem. Brauer- u. Hopfen-Ztg., Nürnberg, 1890, I. S. 1109. — (2) W. f. Brauerei, 1898, Bd. 15, S. 162. ***Seyffert,** H., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1896, Bd. 19, S. 318. ***Steickel,** J., (1) Engl. Patent 5124. ***Steuber,** L., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1900, Bd. 23, S. 9. ***Stöckhardt,** A., (1) Der chemische Ackersmann, 1859, S. 248. ***Sullivan,** C. O., (1) Engl. Patent 19161. ***Swan,** Allan P., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 7. ***Tullo,** T. W., (1) W. f. Brauerei, 1905, Bd. 22, S. 155. ***Wagner,** L. **von,** (1) Handbuch d. Bierbrauerei, Weimar 1884, S. 213. ***Wahl** und **Henius,** (1) Amerik. Patent 540471. ***Wasserzug,** E., (1) Bullet. Soc. bot. de France, 1888, Bd. 35; Centralbl. f. Bakt., 1884, Bd. 4, S. 232. ***Watson,** (1) Engl. Patent 22846. ***Wegener,** Hans, (1) D. R. Patent 108707. ***Wichmann,** H., (1) Mitt. d. Oesterr. Versuchsstation f. Brauerei u. Mälz., 1894, H. 6, S. 39. — (2) Ebenda, 1902, H. 10, S. 111. ***Wiesner,** Julius, (1) Mikroskop. Untersuchungen, Stuttgart 1872. ***Will,** Hermann, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1891, Bd. 14, S. 145. — (2) Ebenda, 1893, Bd. 16, S. 164; 1902, Bd. 25, S. 333. — (3) Ebenda, 1896, Bd. 19, S. 567. — (4) Ebenda, 1896, Bd. 19, S. 453; 1897, Bd. 20, S. 91; 1898, Bd. 21, S. 75; 1899, Bd. 22, S. 43; 1900, Bd. 23, S. 11; 1901, Bd. 24, S. 3; 1902, Bd. 25, S. 49; 1903, Bd. 26, S. 57; 1904, Bd. 27, S. 269. — (5) Ebenda, 1899, Bd. 22, S. 132. — (6) Ebenda, 1900, Bd. 23, S. 229. — (7) Ebenda, 1897, Bd. 20, S. 591. ***Wintgen,** M., (1) Archiv der Pharmacie, 1904, Bd. 242, S. 537. ***Wolff,** A., (1) Pharm. Ztg., 1902, Bd. 47, S. 210. — (2) Z. f. Hyg., 1903, Bd. 42, S. 461. — (3) Pharm. Ztg., 1902, Bd. 47, S. 140. — (4) W. f. Brauerei, 1902, Bd. 19, S. 198. ***Zopf,** W., (1) Die Pilze, Breslau 1890, S. 217.

6. Kapitel.

Hauptgärung und Nachgärung des Bieres.

Von

Alb. Klöcker, Kopenhagen und Dr. G. Barth, München.[1]

§ 32. Die Reinhefe im Brauereibetriebe.

In den §§ 23—25 ist angegeben worden, wie die verschiedenen Reinzuchtapparate konstruiert sind und auf welche Weise ihre Anwendung stattfindet. Wir sind also jetzt zu dem Punkte gelangt, wo die Hefe aus dem Apparat herausgenommen wird, um im Betriebe zur Tätigkeit zu gelangen. Wir wollen bei der **Untergärung** anfangen; hier wurde ja auch die Reinzucht zuerst in Anwendung gebracht und hier liegen die meisten Erfahrungen vor.

Die im Apparate gezüchtete Hefenmenge richtet sich selbstverständlich nach dessen Größe. Gewöhnlich ist jene jedoch nicht so groß, daß sie direkt als Stellhefe für einen Gärbottich der betreffenden Brauerei angewendet werden kann. Hansen (4) empfiehlt, die in einem Apparate von 170 l Beschickung gezüchtete Hefenmenge zu 8 hl Würze in einem Hefenbottich zu geben, um dann hier die nötige Menge Stellhefe für einen normalen Gärbottich zu züchten. Manchmal sind die Reinzucht-

[1]) Es sind eingelaufen: §§ 32 und 33 von H. Alb. Klöcker am 17. 9. 1904 und §§ 34—36 von H. Dr. Georg Barth, Vorstand d. Betriebslaboratoriums d. Aktienbrauerei zum Löwenbräu in München, am 17. 5. 1905.

apparate so groß, wie sie THAUSING anwendet, so daß man ihnen hinlängliche Stellhefe direkt entnehmen kann. Hat man auf irgend eine Weise, entweder direkt in dem Apparat oder durch weitere Züchtung in einem kleineren Gärbottich, eine hinlängliche Menge reiner Stellhefe bekommen, so wird diese dann der Würze in den gewöhnlichen großen Gärbottichen der Brauerei zugesetzt. Man bezeichnet diesen Akt als Zeuggeben oder Anstellen und unterscheidet zwischen Trockengeben einerseits und Naßgeben oder Herführen andrerseits. Beim Trockengeben wird die erforderliche Hefenmenge in ein 16—18 l fassendes und zur Hälfte mit Würze beschicktes Gefäß (Zeugschaffel) eingetragen. Wenn die Würze und die Hefe gut gemischt sind, fängt man mit dem Aufziehen an. Dies geschieht in der Weise, daß man den Inhalt des Zeugschaffels in ein anderes ähnliches Gefäß gießt, dann wieder zurück in das erste, und so fortfährt, bis die Hefe gut in der Würze verteilt ist; hierdurch erreicht man zugleich eine starke Lüftung, welche für das Wachstum der Hefe von Bedeutung ist. Das Naßgeben oder Herführen (vgl. Bd. IV, S. 117) wird dann geübt, wenn man die Hefe zuerst zu kräftigen wünscht (oder wenn man zu wenig Hefe hat). Es ist dies die oben beschriebene Gärung in einem kleinen Gärbottich. Sobald jene eine lebhafte geworden ist, wird der ganze Inhalt des Bottichs dann der Würze in dem großen Gärbottich zugegeben. Eine Abart dieser Methode ist das Darauflassen, welches darin besteht, daß man zu einem mit gärender Würze nur zum Teil angefüllten Bottich frische Würze hinzufügt. Das letztgenannte Verfahren wird auch bisweilen bei der Züchtung in dem Gärzylinder des Reinzuchtapparates selbst angewendet, indem man die gärende Würze hier abzieht, statt zu warten, bis die Hefe sich am Boden abgesetzt hat (s. S. 86).

In den **Obergärungsbrauereien** ist das Verfahren in der Hauptsache dasselbe. In den dänischen Obergärungsbrauereien, jedenfalls in den hervorragenden, verfährt man in folgender Weise: In dem Reinzuchtapparate läßt man die Hefe so lange wachsen, bis diese sich am Boden abgesetzt hat. Drei Viertel des Bieres werden dann abgezogen und das Uebrige des Bieres wird mit der Hefe gemischt. Es wird dann so viel von dieser Mischung (ca. 3 Eimer) abgezapft, daß von dieser in dem Apparate ungefähr ein Zwanzigstel seines Fassungsvermögens noch übrig bleibt. Die abgezogene Mischung von Hefe und Würze in den drei Eimern wird zu 4 hl Würze in einem kleinen Bottich hinzugefügt. Nach dem Ankommen wird der Inhalt in gewöhnlicher Weise geschlaucht, und er gärt in den Gebinden weiter. Die Hefe, welche hier ausgestoßen wird, kommt dann im Betriebe für die großen Würzemengen zur Verwendung. Hat sie hierauf drei oder vier Gärungen durchgeführt, so wird sie von einem neuen Satz aus dem Reinzuchtapparate abgelöst.

Für die Anwendung der Reinhefe in den deutschen Obergärungsbrauereien gibt SCHÖNFELD (4) die folgenden Regeln für die von der Station von Berlin versandte reine Oberhefe. Er fügt jedoch hinzu, daß diese Regeln nicht als ein starres Schema aufgefaßt werden müssen; sie sollen nur dazu dienen, um die ersten Versuche in der Praxis vor Fehlschlägen und Mißgriffen zu bewahren und um der Reinhefe den Weg in die Praxis nicht zu versperren. Er empfiehlt, die Hefe in einem Wännchen oder kleinen Bottich mit wenig Würze bei 22—25° C vorzustellen (herzuführen). Die Anstelltemperatur für Bottichgärung (Standgur) soll 17—19° C betragen. Die Würze ist nach dem Anstellen im Bottich mehrere Male energisch aufzuziehen. Die Hefengabe soll

etwa 1 kg auf 5 hl Würze betragen: sie kann beim nächstfolgenden Male erniedrigt werden, wenn sich herausstellt, daß der Verlauf der Gärung zu stürmisch wird. Bei Benutzung von Faßgärung (Spundgur) ist die Hefe aus dem kleinen Bottich oder Wännchen nach dem Ankommen in den Anstellbottich zu entleeren. Die Anstelltemperatur in diesem soll möglichst hoch sein, 22—25° C. Die Würze ist aus dem Stellbottich, wo sie mehrere Male energisch aufzuziehen ist, erst nach dem Einsetzen der Gärung auf die Fässer zu verteilen. Die Hefengabe soll etwa 1 kg auf 4—5 hl betragen, kann aber, wenn erforderlich, später ebenfalls erniedrigt werden. Weil die Hefe in den Obergärungsbrauereien in so hohem Grade der Infektion ausgesetzt ist, empfiehlt Schönfeld ferner, das Zusetzen der Hefe zur Würze auch nicht um 5 Minuten zu verzögern. Mit dem ersten Hektoliter, welches in den Stellbottich fließt, muß auch schon die Hefe hineinkommen. Die Spundgur gibt viel eher zu Infektionen Veranlassung als die Standgur in glattwandigen lackierten Bottichen.

Ein besonderer Zweig der Obergärung ist die Weißbierbrauerei. Wir haben schon auf S. 82 erwähnt, daß die Stellhefe hier eine Mischung von Oberhefe und Bakterien ist, erstere in 4—6-mal so großer Menge wie letztere vorhanden. Die Hefengabe ist gewöhnlich 1 l für 5 hl Würze. Wir werden auf Seite 138 darauf noch zurückkommen. Von der Gärung der typischen englischen gelagerten Biersorten und den Versuchen Hj. Claussen's (1) ist schon auf S. 84 gesprochen worden.

Von den technischen Fortschritten, welche die Einführung des Hefenreinzuchtsystems im Brauwesen zur Folge hatte, ist einer der wichtigsten die Verwendung geschlossener **Apparate** zur **Lüftung** und **Kühlung** der Würze. Wenn diese die Pfanne in kochendheißem Zustande verläßt, ist sie ja steril; es gilt also, diese Sterilität während der Kühlung zu bewahren, bis die Temperatur erreicht ist, bei welcher die Hefe dann zugegeben werden soll. In früheren Zeiten ging diese Kühlung, wie bekannt, überall auf offenen Kühlschiffen vor sich. Man trachtete, eine so große Menge Würze wie möglich in Berührung mit der Luft zu bringen, teils der Kühlung wegen, teils um die notwendige Luftmenge aufzunehmen, damit dann die Vermehrung der Hefe und also auch die Gärung in zufriedenstellender Weise vor sich gehen könne (vgl. Bd. IV, S. 124). Weil die Luft zu den verschiedenen Zeiten des Jahres eine größere oder kleinere Anzahl von Mikroorganismen mit sich führt, ist die Würze auf den Kühlschiffen auch immer mehr oder weniger einer Infektion ausgesetzt. Schon vor langem hatte man die Beobachtung gemacht, daß besonders die Sommermonate leicht Störungen mit sich brachten, und das Brauen wurde deshalb in früheren Zeiten in diesen Monaten eingestellt. Aber was es eigentlich war, das die Schuld an dem Mißerfolge trug, wußte man nicht. Es sind vor allen Pasteur und Hansen, welche Aufklärungen hierüber gebracht haben. Sie zeigten, daß die Luft insbesondere zu jener Zeit des Jahres sowohl an Bakterien als auch an anderen Mikroorganismen reich ist. Weitere Aufklärungen über diese Verhältnisse gab Hansen (1—3) in seinen grundlegenden Untersuchungen über den Kreislauf der Hefenarten in der Natur. Obwohl die Einführung der reinen Hefe die Gefahr bei der Benutzung der offenen Kühlschiffe in hohem Grade eingeschränkt hat, so bringt die Anwendung der letzteren doch immer noch eine größere oder geringere Unsicherheit mit sich. Man hat deshalb angefangen, geschlossene Behälter zur Lüftung und Kühlung der Würze zu verwenden. Solche Vor-

richtungen sind selbstverständlich mindestens von ebenso großer Bedeutung für die obergärigen wie für die untergärigen Brauereien. Bisher finden wir sie aber fast nur in den letzteren.

Ehe man noch wußte, was eine wirkliche Reinhefe war, hatte PASTEUR (1) die Aufmerksamkeit auf die Anwendung geschlossener Kühlapparate gelenkt. Er betont, wie wichtig es ist, daß die Luft, mit welcher die Würze in Berührung kommt, rein ist. Er gibt auch eine Beschreibung eines Apparats, der so eingerichtet ist, daß während der Kühlung eine gewisse Menge steriler Luft in die Würze eingeführt werden kann. Das Prinzip war wesentlich dasselbe, welches im „Gegenstromapparate" verwendet wird, die Würze läuft aber hier in Rohrleitungen und das Kühlwasser außerhalb. Wenn die Würze aus dem Kühlapparate in den Gärbottich fließt, begegnet sie einem Strom steriler Luft, die sie in sich aufnimmt. Die Luft wird derart sterilisiert, daß sie durch ein mittelst einer Gasflamme erhitztes Kupferrohr streichen muß. Der Gärbottich war ferner geschlossen; in der Decke fanden sich zwei Röhren, welche mit Watte geschlossen waren. Vor dem Gebrauch wurde der ganze Apparat mittelst Dampf sterilisiert. PASTEUR (2) macht auch den Vorschlag, man könne anstatt dieses Kühlapparates einen großen Behälter benutzen, in welchem die Würze vermittelst eines Rührapparates in Bewegung zu setzen wäre, indem man zugleich Sorge tragen müßte, daß der Würze sterile Luft zugeführt würde. Dies sei eine leichte Sache, wenn der Behälter mit einer mit Baumwolle gefüllten Röhre versehen würde, durch welche die Verbindung mit der äußeren Luft hergestellt sei. Die Luft, die im Behälter ist, wenn die heiße Würze ihn durchströmt, werde durch die Wärme der Würze sterilisiert. Aus dem Behälter geht die Würze durch einen Kühlapparat hindurch in den Gärbottich über. Dieser Apparat PASTEUR's fand keine Verbreitung. Die Ursache war einfach die, daß man damals ja nur unreine Stellhefe zur Verfügung hatte; von welchem Nutzen konnten da alle Vorrichtungen zur Herstellung einer sterilen Würze sein? Der Apparat bekam übrigens den Namen VELTEN's Apparat, weil dieser bekannte Brauer ihn in seiner Brauerei in Marseille aufstellte. Als HANSEN im Jahre 1883 seine Reform in der Brauerei Gamle Carlsberg einführte, war es ganz natürlich, daß man daran dachte, einen ähnlichen Apparat aufzustellen. Es zeigte sich jedoch, daß VELTEN's Apparat in mehrerlei Hinsicht sehr unpraktisch war, insbesondere in betreff der Sterilisierung der Luft durch Erhitzen, weshalb man jene nun durch Watte filtrierte. Die Einrichtung dieses Carlsberg-Apparates findet man bei J. CHR. HOLM (1) und bei A. PETERSEN (1) beschrieben.

In den letzten Jahren ist eine große Anzahl verschiedener Apparate zur sterilen Kühlung und Lüftung der Würze konstruiert worden. Gewöhnlich ist deren Einrichtung derart, daß die Würze zuerst in einem geschlossenen Behälter gelüftet wird und darnach über ein Rohrsystem hinabfließt, welches von kaltem Wasser durchströmt wird. Nähere Angaben über diese Apparate sind in den Handbüchern über Brauereitechnik zu finden. Ueber die Reinhaltung der Rohrleitungen solcher Apparate wird im folgenden (7.) Kapitel die Rede sein.

§ 33. Mischsaaten in der Brauerei. Reinigung und Reinhaltung der Betriebshefe.

Die Anwendung von Mischsaaten ist in einzelnen Zweigen der Gärungstechnik seit langem üblich gewesen. So hat man in den
5 Brennereien zusammen mit der Hefe Milchsäurebakterien gezüchtet, weil die Erfahrung gelehrt hatte, daß durch die Begünstigung der Entwicklung der Milchsäurebakterien die schädlichen Buttersäurebakterien in ihrem Wachstum gehemmt wurden und die Ausbeute größer ausfiel. Erst weit später bekam das Verfahren seine wissenschaftliche Erklärung und
10 fand das Reinzuchtsystem auch hier seine Anwendung; nähere Angaben darüber wird das 11. Kapitel bringen.

Aber auch im Brauereibetriebe, nämlich in der **Weißbierbrauerei,** hat man seit altersher eine Stellhefe benutzt, die, wie wir schon auf S. 82 gehört haben, außer der Hefe aus Milchsäurebakterien bestand.
15 Letztere waren absolut notwendig, um das richtige Prodkt zu erhalten. Ein rationelles Verfahren ging jedoch erst dann hervor, als die Mischsaat aus ihren Bestandteilen in reingezüchtetem Zustande, einer Oberhefe und einer Milchsäurebakterie, zusammengesetzt wurde. Die Methode zur Anwendung des Reinzuchtsystems in diesem Zweige der Gärungstechnik
20 ist zuerst in der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin ausgearbeitet worden; die im folgenden mitgeteilten Feststellungen rühren von Schönfeld (4) her. Das Verhältnis der Anzahl der Zellen der zwei Organismen (Hefe : Bakterien) variiert sehr in den verschiedenen Brauereien; gewöhnlich ist es wie 4 : 1 oder 5 : 1 oder 6 : 1. Wenn die
25 Stellhefe der Würze zugegeben wird, macht sie sich sofort ans Werk, und sie vermehrt sich stärker als die Bakterien; später wird das Umgekehrte der Fall. Um das Verhalten zu veranschaulichen, verweisen wir auf die nachfolgende Uebersicht, welche Schönfeld veröffentlicht hat.

Zeit der Beobachtung vom Zusatz der Hefe an	Prozentgehalt der Würze resp. des Bieres nach Balling	Temperatur des Bieres ° C	Verhältnis von Hefe zu Bakterien
Beim Anstellen	11	17,5	4 : 1
Nach Ablauf von 18 Stunden . . .	10	19,0	7 : 1
„ „ „ 40 „ . . .	5,5	21,9	3,5 : 1
„ „ „ 64 „ . . .	3	23,1	1,7 : 1

Eine Bedingung für die Anwendung der isolierten Bakterienkultur
30 in der Praxis ist, daß sie daran gewöhnt ist, mit der Hefe zusammen zu wachsen. Diese Anpassung an ein Zusammenleben mit der Hefe geschieht durch Züchtung der Bakterien in Würze in großer Ueberzahl zusammen mit sehr wenig Hefe. Dieser Anpassung ist es zuzuschreiben, daß sich die Stellhefe in der Weißbierbrauerei trotz ihrer aus zwei ganz
35 verschiedenen Organismen bestehenden Zusammensetzung wie eine einheitliche Hefe von ziemlich gleichbleibender Wirkung halten und fortpflanzen kann.

Vor der Einführung des Reinzuchtsystems in den Brauereien waren es in der Wirklichkeit Mischsaaten, welche die Brauer überall benutzten,
40 und zwar ein Gemenge, welches nicht allein, wie gewöhnlich, aus mehreren Kulturhefenarten sondern oft auch noch aus wilden Hefen und Bakterien zusammengesetzt war. Ein solches Verhältnis mußte selbst-

verständlich starke Schwankungen, große Unsicherheit und Verluste im Betriebe hervorrufen. Bald herrschte die eine Art, bald die andere in der Brauerei vor, was in hohem Grade die Einheitlichkeit des Produktes beeinflußte. Mit der Einführung der gedachten Reform verschwand alles dies. Bei der Darstellung einzelner Biersorten in Belgien findet noch immer die Anwendung von Mischsaaten statt, indem nämlich die Würze der Selbstgärung überlassen wird. In betreff dieser Biersorten und ihrer merkwürdigen Gärung sei auf das 9. Kapitel verwiesen.

Als eine allgemeine Regel wird man aussprechen können, daß man, wenn zwei oder mehrere *Saccharomyces*-Arten in einer Nährflüssigkeit beisammen sind, auf die Dauer nicht die Gärung beherrschen können wird, und daß sie großen Schwankungen ausgesetzt sein wird, indem ein **Konkurrenzkampf** (s. Bd. I, S. 510) zwischen den Hefenarten sich einstellt. Der erste, welcher Versuche über Mischgärungen mit bestimmten Species anstellte, war Hansen (2). So findet man in seiner Abhandlung aus dem Jahre 1881 Untersuchungen über das gegenseitige Verhalten in Würze zwischen *Sacch. apiculatus* und Brauereiunterhefen. Als Hauptresultat ging hieraus hervor, daß *Sacch. apiculatus*, als der schwächere, gegen Ende der Hauptgärung in dem Konkurrenzkampfe mit *Sacch. cerevisiae* zurückgedrängt wird, daß er aber auch eine hemmende Einwirkung auf die Vermehrung seines stärkeren Gegners und teils auch auf dessen Gärtätigkeit auszuüben vermag. Wenn jede Art für sich in ihrem Kolben war, vermehrte sich *Sacch. apiculatus* stärker als *Sacch. cerevisiae*; bei gleich großer Aussaat war das Verhältnis wie 3 : 1. Man vergleiche darüber auch die weiteren zugehörigen Angaben im 15. Kapitel des IV. und im 8. Kapitel des vorliegenden Bandes.

Auch unter den im praktischen Betriebe obwaltenden Verhältnissen hat Hansen (5) verschiedene Versuche mit **Mischsaaten** von Hefenarten unternommen, und zwar teils von wilder Hefe und Brauereiunterhefe und teils von verschiedenen Brauereihefen. Hierher gehören besonders die folgenden zwei mit überraschenden Resultaten. Der eine Versuch zeigte, daß eine unter gewissen Verhältnissen schädliche Krankheitshefe eine zuträgliche Einwirkung auf die Gärung der Kulturhefe unter besonderen, wohl abnormen Verhältnissen haben kann. Es hatte sich herausgestellt, daß sowohl *Carlsberg Unterhefe Nr. 1* wie auch *Carlsberg Unterhefe Nr. 2* in nicht gelüfteter Würze ein Bier ergab, das stark opalisierend war. Wurde aber eine kleine Menge der Krankheitshefe (*Sacch. Pastorianus III*) zugegeben, so wurde das Bier blank; die Krankheitshefe hatte also hier als eine Art Heilmittel gewirkt. Der andere Versuch wurde mit einer Mischung von zwei Kulturhefen angestellt und zwar mit *Carlsberg Unterhefe Nr. 1* und *Nr. 2*. Hier zeigte sich, daß die Anstellhefe weniger haltbares Bier gab, wenn sie aus einer Mischung der zwei Brauereihefenarten, als wenn sie nur aus einer der Arten allein bestand. In diesen Mischungen trat die in dem geringsten Mengenverhältnis vorhandene Art als Krankheitshefe auf, indem sie das Bier weniger haltbar machte, wenn die Lagerung des Bieres nach $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{2}{3}$ Monaten unterbrochen wurde. Weitere Angaben über Hansen's Untersuchungen über Mischsaaten finden sich im 8. Kapitel dieses Bandes.

In seinen Versuchen über Mischsaaten fand Vuylsteke (1), daß, wenn eine Mischung von *Sacch. cerevisiae I* und *Sacch. Pastorianus I* in Würze ausgesäet wurde, die Anzahl der Zellen von der erstgenannten Art vom ersten bis zum zweiten Tage in der Volumeinheit von 1 auf 4,81 bzw. 5,18 stieg; die Anzahl der Zellen von *Sacch. Pastorianus I*

hingegen stieg von 1 auf 13.3 bzw. 12.2. Demnach war die Vermehrung des *Sacch. Pastorianus I* 13.3 : 4.81 = 2.76-mal und 12.2 : 5.18 = 2.35-mal größer gewesen als jene des *Sacch. cerevisiae I*. Wenn ein Gemenge von *Sacch. cerevisiae I* und *Sacch. Pastorianus III* zum Anstellen genommen wurde, vermehrten sich die Zellen von *Sacch. cerevisiae I* innerhalb der ersten 24 Stunden in dem Verhältnisse von 1 : 5,02 und 1 : 4,62, ferner die Zellen von *Sacch. Pastorianus III* in dem Verhältnisse von 1 : 3,57 und 1 : 3,02. Die Vermehrung der Zellen des *Sacch. Pastorianus III* im Verhältnisse zu der der Zellen des *Sacch. cerevisiae I* war also 3,57 : 5,02 = 0,71 und 3,02 : 4,62 = 0,65.

Auch G. Syrée (1) hat eine größere Arbeit über den Konkurrenzkampf einer Kulturhefe (*Frohberg*) mit *Sacch. Pastorianus III* unternommen; weil die Versuche jedoch außerhalb des Rahmens des Brauwesens liegen, werden wir hier nicht näher darauf eingehen.

Falls eine Stellhefe aus zwei *Saccharomyces*-Arten in einem bestimmten Verhältnis besteht, wird dieses in den allermeisten Fällen sich sehr bald ändern, was aus den im vorhergehenden mitgeteilten Versuchen schon zur Genüge erhellt. Wie schnell das unter Umständen eintreten kann, ist aus nachfolgender Angabe Schönfeld's ersichtlich, welche sich bei Delbrück und Schönfeld (1) findet: „Es war einmal eine Hefe aus einer kleinen österreichischen Brauerei in unsere Versuchsbrauerei eingeführt, welche keine Reinhefe war, auch sonst nicht in der Zusammensetzung ein einheitliches Saatgut bildete, sondern aus einem Gemisch von zwei ganz verschiedenen Hefenrassen bestand, nämlich aus etwa 30 Proz. niedrig vergärenden und 70 Proz. hoch vergärenden Hefen. Und diese Hefe, welche nach Mitteilung des Besitzers der Brauerei, von welchem wir sie bezogen hatten, schon einige Jahre mit gleich gutem Erfolge ohne Wechsel in seinem Betriebe geführt wurde, änderte sich bei uns nach dreimaligem Durchgehen in der Zusammensetzung derart, daß die hoch vergärende bis auf 90 Proz. zunahm, und die niedrig vergärende auf 10 Proz. herabgedrückt wurde, aber trotzdem war das Gärungsbild, Aussehen, Höhe der Kräusen, Geruch des Bieres, Bruchbildung und Vergärung gleich niedrig wie zu Anfang geblieben. . . . Es war das ein schlagender Beweis für den Satz, daß in einem Betriebe mit systematischer gleichmäßiger Fortzüchtung der Saathefe ein Gleichgewichtszustand, gleichsam ein modus vivendi, zwischen zwei verschiedenartigen Hefenrassen nicht gut möglich ist und am Ende immer eine der beiden weichen muß." Auch von Holm und Jörgensen liegen derartige Beobachtungen vor.

Becker (1) stellte Versuche mit Mischungen von wilder Hefe mit Kulturhefe an und gelangte zu dem Resultat, daß der Vergärungsgrad dadurch wesentlich beeinflußt werden kann, ohne daß abnorme Gärungserscheinungen zum Vorschein kommen.

Als Resultat seiner Untersuchungen teilt E. Prior (1) u. a. folgendes mit: „Es ist durchaus irrig zu glauben, durch Verwendung von zwei Hefenrassen sei man in der Lage, Bier mit konstanten Eigenschaften zu erhalten, wie dies von einigen Zymotechnikern behauptet worden ist. Es ist natürlich sehr wohl möglich, in dem einen oder anderen Falle mit Gärungssymbiose günstige Resultate zu erzielen, allein niemals wird ein gesicherter Betrieb und ein Bier von konstanten Eigenschaften auf diesem Wege zu erhalten sein. Der einzige dieses Ziel erreichende, absolut sichere Weg ist die Verwendung rein-

gezüchteter Hefe nach HANSEN's Methode, d. h. die in der Untergärung übliche einfache Form der Reinzucht."

Es liegen jedoch auch einzelne Mitteilungen darüber vor, daß Mischungen von Hefenarten unter gewissen Umständen sich in den Brauereien eine Zeitlang in einigermaßen demselben Verhältnisse halten können, so von J. SCHUKOW (1), von H. VAN LAER (3) und von H. WILL (3).

Wir haben im vorhergehenden gesehen, daß selbst in einem Betriebe, in welchem mit dem Reinzuchtsystem gut gearbeitet wird, man einer Infektion doch hin und wieder ausgesetzt ist, z. B. von den offenen Kühlschiffen, von nicht gereinigten Leitungen usw., kurz die Gefahr ist während der ganzen Zeit vorhanden. Deshalb muß selbstverständlich der Brauer für die Erhaltung der eingeführten ausgewählten Reinkultur sorgen. Zur Reinhaltung und Reinigung der Hefe in den Untergärungsbrauereien verwendet man die im vorhergehenden erwähnten Methoden, und zwar das Herführen der Hefe, das Darauflassen und das Umpumpen der Würze. Die gärende Würze wird nach dem letzteren Verfahren in andere Bottiche nach dem Ankommen der Gärung umgepumpt. Diese Methode wird auch in der Weise angewendet, daß man die Würze mit dem doppelten Quantum Hefe wie gewöhnlich zur Gärung bei 8,8° C anstellt und die Gärung bei einer 10° C nicht überschreitenden Temperatur durchführt. Die Erklärung bekam man erst durch HANSEN's Versuche. Er beobachtete nämlich, daß die Kulturhefen am Anfange der Hauptgärung im Uebergewicht über die wilden Hefen sind; letztere kommen erst in den späteren Stadien der Gärung zum Vorschein (vgl. S. 77).

Die Arbeitsverfahren zur Reinhaltung der eingeführten ausgewählten Reinkultur hat DELBRÜCK (1) in der neuesten Zeit mit einem besonderen Namen, **natürliche Reinzucht,** belegt. Es ist hier keine Rede von Reinzucht in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes, sondern nur von alten Brauereierfahrungen. Nach ihm gilt es, von dieser Seite alle Mittel zur Erhaltung der Reinkultur zu benutzen, um einer Infektion vorzubeugen oder eine schon vorhandene wieder zu beseitigen; er spricht in dieser Angelegenheit beachtenswerte Worte aus. Er faßt seine Betrachtungen über diese Frage, welche auf die Ergebnisse der von ihm und seinen Mitarbeitern S. AUERBACH, W. HENNEBERG, A. MUNSCHE und F. SCHÖNFELD angestellten Versuche gegründet sind, in folgenden Worten zusammen: „Der Ausgang bei der Gärungsführung ist absolute Reinhefe nach HANSEN. Daß eine solche Reinhefe im Betriebe nicht rein bleibt, wissen wir alle; die Infektion ist nicht zu verhindern. Die Aufgabe ist: die Infektion auf das möglichste Maß einzuschränken, das heißt: Abschaffung des Kühlschiffes, absolute Reinhaltung der Gärbottiche und Leitungen. Dann aber kommt es darauf an, die Infektion nicht zur Entwicklung kommen zu lassen; das ist die Aufgabe der natürlichen Reinzucht!" Seine Leitsätze sind deshalb: „Schnelles Kühlen, so schnell wie möglich Zusatz der Hefe zur Würze, nicht zu kalt anstellen. Dann Reinigung durch Beobachtung der Schichtenbildung der Satzhefe (s. Bd. IV, S. 121) und so weit nötig, nach 24—42 Stunden Umpumpen, wenn man Infektion beobachtet. Endlich grün fassen, nicht lauter schlauchen, nicht auf Bruch arbeiten. Vor allen Dingen aber schnell arbeiten: Schnellgärung! Dazu ist eine Erhöhung der Temperatur des Gärkellers erforderlich, damit die Gärdauer auf 6—8 Tage reduziert werden kann."

Eine wichtige Grundlage für DELBRÜCK's Anschauungen bilden die Untersuchungen HANSEN's über das Verhalten der Hefen bei den ver-

schiedenen Temperaturen. Für Delbrück ist das Wesentlichste bei der Hefenzüchtung das „Klima“, worunter er in der Hauptsache die Temperatur während der Gärung versteht. Die schnelle Entwicklung der Kulturhefe sucht er also dadurch zu fördern, daß er eine höhere Temperatur während der Gärung anwendet. Er geht davon aus, daß unter den Konkurrenzverhältnissen in den Brauereien für alle Kulturhefenarten eine verhältnismäßig hohe und für alle wilden Hefenarten eine verhältnismäßig niedrige Temperatur günstig ist. Dies paßt auch in vielen Fällen und jedenfalls für die von Hansen beschriebenen Krankheitshefen; man hat aber keine Sicherheit dafür, daß alle Krankheitshefen Kalthefen sind; es sind nämlich nur wenige, welche in dieser Beziehung bis jetzt daraufhin untersucht worden sind. Das Programm, welches Delbrück vorschwebt, fordert für seine Lösung noch eine große Reihe von Untersuchungen, einerseits über die Kulturhefen, andrerseits über die wilden Hefen.

Die technischen Bestrebungen der neuesten Zeit gehen dagegen in einer anderen Richtung, nämlich dahin, Bier bei Ausschluß aller Konkurrenz mit der ausgewählten Hefenart herzustellen, so z. B. nach Nathan's Verfahren. In dem von ihm für diesen Zweck konstruierten Apparat Hansena (vergl. S. 95) wird die reingezüchtete Hefe der sterilen Würze in einem geschlossenen Behälter zugegeben, und die während der Gärung entwickelte Kohlensäure wird fortgeleitet. Wenn die Hauptgärung vorüber ist, wird die Bodensatzhefe herausgenommen, und die Bouquetstoffe des Jungbieres werden mittelst Durchblasens von Kohlensäure beseitigt. Das Bier wird nach diesem Verfahren im Laufe von 10—12 Tagen reif, und man erspart also die lange Lagerzeit. Die Methode hat jedoch noch nicht festen Fuß in der Praxis gefaßt; denn es scheint, als ob noch einige technische Schwierigkeiten zu überwinden wären. Die bisherigen Versuche versprechen aber ein gutes Resultat und es ist offenbar das Brauverfahren der Zukunft.

Von allen Seiten her werden wir also immer wieder darauf hingewiesen, überall, wo es möglich ist, unsere Gärungen mit einer Reinkultur einer einzigen Art oder Rasse durchzuführen.

§ 34. Bruch und Klärung im Bottich und im Lagerfaß.

Ungefähr 12—20 Stunden nach dem Anstellen treten an der Oberfläche der Würze weiße Bläschen auf, welche der Mitte des Bottichs zuströmen. Nach 18—24 Stunden entsteht am Bottichrand ein Kranz von Bläschen und schließlich eine gefaltete Schaumdecke. Man sagt dann „das Bier schiebt herein“, während man das erste Stadium als das „Ankommen der Würze“ bezeichnet. Wegen des gekräuselten Aussehens der Schaumdecke führt jenes Stadium den Namen Kräusen. Daß an dem Aufbau der Kräusen ein löslicher Eiweißkörper sich beteilige, ist zuerst von Habich (1) vermutet und dann von C. Lintner (1) und Reischauer im Jahre 1876 durch dessen Abscheidung erwiesen worden. Dieses sogen. Kräusenglutin soll angeblich aus der Würze selbst bzw. aus dem Malze stammen. Durch vergleichende Gärversuche mit verschiedenen Bierhefen hat Alb. Reichard (2) festgestellt, daß neben jenem Eiweißkörper des Malzes auch noch gewisse schleimige Ausscheidungen der Hefe, und zwar insbesondere auch solche von eiweißartiger Beschaffenheit, zur Erzeugung eines normalen feinblasigen

Schaumes im Bier unentbehrlich sind. Nach ZEIDLER (1) spielen die Albumosen hierbei eine gewisse Rolle, während C. J. LINTNER (1) die kolloidalen Substanzen überhaupt als die Träger der Schaumhaltigkeit bezeichnet. Nicht unwahrscheinlich ist es auch, daß das Hefengummi (s. Bd. I, S. 232) sowie das gelatinöse Netzwerk (s. Bd. IV, S. 46) nicht 5 unwesentlich die Schaumbildung beeinflussen. Zweifellos sind aber auch die Hopfenbestandteile bei der Kräusenbildung hervorragend beteiligt. Die Ergebnisse der durch EHRICH (1) angestellten Versuche lassen diesen Schluß berechtigt erscheinen, und auch nach Beobachtungen in der Praxis zeigen Würzen, welche mit konserviertem oder durch längere 10 Zeit gelagertem Hopfen bereitet wurden, weniger schöne Kräusen als solche Würzen, zu welchen Hopfen von neuer Ernte verwendet wurde. Auch REICHARD (1) weist auf die Bedeutung des Hopfenharzes in dieser Beziehung hin. Infolge der Extraktabnahme des gärenden Bieres tritt zugleich mit der Kühlung des Bottichinhalts eine Verlangsamung der 15 Gärung ein, welche sich im Zurückgehen der Kräusen ausdrückt; der Praktiker sagt: der Bottich schiebt weg. Nach dem Zurückgehen der Kräusen findet sich auf der Oberfläche des Bottichbieres eine braune klebrige Masse, welche man als Decke bezeichnet. Sie besteht zum geringsten Teile aus dem während der Gärung abgeschiedenen Hopfen- 20 harz, sowie aus Extraktbestandteilen des Bieres, dagegen hauptsächlich aus Eiweißkörpern, welche WILL (1) in seiner ausführlichen Untersuchung braune Klümpchen nennt. Die sogen. Blasengärung der Bierwürze, welche darin besteht, daß sich kurz vor Beendigung der Hauptgärung mehr oder weniger große Blasen auf der Oberfläche des Bieres 25 bilden, kann hier außer Betracht bleiben. Die Gerüstteile für die großen zähen Blasen werden nicht von der Hefe geliefert, sondern von dem Trube, wie dies A. REICHARD (1) zeigte. Ferner kann bei sehr geringem Kalkgehalt der Würzen sehr leicht Blasengärung vorkommen, wie dies SEYFFERT (1) nachgewiesen hat (s. Bd. IV, S. 89). 30

Wie schon bemerkt, sind die von der Hefe ausgeschiedenen Schleimstoffe bei der Bildung der Schaumdecken hervorragend beteiligt. Viel größer aber ist die Bedeutung derselben für die Veranlassung jenes Vorganges, welchen man in der Brauerei als das Eintreten des Bruches bezeichnet. In dem Maße, als die Kohlensäureentwicklung gegen das 35 Ende der Gärung zu allmählich nachläßt, schwindet damit auch die treibende Kraft, durch welche bisher die in der gärenden Flüssigkeit in Schwebe erhaltenen Hefenzellen in Bewegung gebracht worden sind. Der Zug der Schwerkraft auf die Zellen, welche ja ein höheres spezifisches Gewicht als das Jungbier haben, kann nun zur Geltung kommen. Dem 40 dadurch angestrebten Niedersinken der Zellen wirken aber zwei Widerstände entgegen, das sind die Zähigkeit der Flüssigkeit und die Reibung, welche die einzelnen Zellen in ihr erfahren. Die Minderung dieser Gegenkräfte wird nun in dem Falle erreicht, wenn mehrere Zellen sich zu einem kleinen Ballen zusammenschließen. Dessen Gewicht ist gleich 45 der Summe der Gewichte der einzelnen Zellen. Dessen Oberfläche ist hingegen beträchtlich kleiner als die Summe der Oberflächen der Teilstücke. Es drückt also das gleiche Gewicht wie früher nach unten, während die der Flüssigkeit zugekehrte Angriffsfläche und somit auch der ihr entgegengesetzte Widerstand nun kleiner ist. Dieses Zusammen- 50 schließen der Zellen zu vollführen, sind die erwähnten gummiartigen und eiweißähnlichen Schleimstoffe (LINDNER [1]), welche sich auf der Zellhaut absondern, nach WILL (5) auch das gelatinöse Netzwerk sehr

gut geeignet und unentbehrlich. Haben sie dies Werk getan und also die einzelnen Zellen zu Kolonien vereint, welche schon dem unbewaffneten Auge einzeln kenntlich sind, dann ist dasjenige zustande gekommen, was man als Bruch bezeichnet. Auch die Glutinkörperchen befinden sich dann, wie dies Will (6) zeigte, im Zustande des „Bruches“, indem sie sich zu traubigen Massen vereinigen. Das sogen. Brechen der Würze, wie es gegen Ende der Hauptgärung nach und nach sich einstellt, wird als das neben der Saccharometeranzeige wichtigste Merkmal für die Beurteilung der Reife des Jungbieres von dem Praktiker sorgfältig verfolgt. Der Bruch wird in einem kleinen Schaugläschen in der Weise beobachtet, daß man den Inhalt desselben gegen ein dahinter gehaltenes Licht betrachtet. Ist die Hefe zu kleinen griesigen Klümpchen geballt, während die Flüssigkeit blank hindurchglänzt, so ist das Bier schön „durchgefallen“, der Bruch „griesig“. Dann ist der Bottichinhalt reif zum „Fassen“, worunter man das Umfüllen („Umschlauchen“) desselben auf das Lagerfaß versteht. Je nachdem das Fassen des Jungbieres früher oder später vorgenommen wird, bringt der Brauer damit eine mehr oder weniger große Anzahl von Hefenzellen in das Lagerfaß hinüber. Er sagt im ersten Falle, er habe „grün gefaßt“, im letzten Falle hingegen, er habe „lauter gefaßt“. Nach einer größeren Anzahl von Schönfeld (1) an Ort und Stelle in Brauereien durchgeführten Hefenzählungen bestehen folgende Beziehungen zwischen Bruch und Zellenzahl: bei lauterem Schlauchen, feinem sehr guten Bruch 4000—8000 Zellen pro Kubikmillimeter, bei gutem, griesigem Bruch 8000—14000 Zellen, bei mäßigem Bruch 14000—20000 Zellen pro Kubikmillimeter. Bei 20000 Zellen im Kubikmillimeter ist der Bruch mäßig und bei 30000 Zellen ist das Bier noch grün. Diese Zahlen decken sich auch mit denjenigen Will's auf S. 150.

Lagerbiere, an welche in bezug auf Haltbarkeit höhere Anforderungen gestellt werden, pflegt man lauter zu fassen, während Schankbiere meist grün gefaßt werden. Ein Zeichen eines guten normalen Bruches ist es auch, wenn die Hefe im Schaugläschen sich rasch absetzt und dann fest am Boden sitzt, so daß das Bier abgegossen werden kann, ohne daß die Hefe mitgerissen wird.

Für den Praktiker gilt die Bruchbildung als ein wertvolles Moment für die Beurteilung der Gärung. Da nun die Reinhefe nach den ersten Gärungen im Bottiche meist schlechten Bruch zeigt, stand in den ersten Jahren nach Hansen's (1) Entdeckungen der Praktiker der Einführung rein gezüchteter Hefe in den Brauereibetrieb ablehnend gegenüber. Worin dies seine Ursache hat, ist noch nicht genügend geklärt. Daß sowohl durch zu starke wie auch durch ungenügende Lüftung der Würze schlechte Klärung erzielt wird, hat Hansen (1) bereits gezeigt. Vielleicht sagt auch der Hefe die längere Berührung mit den Metallzylindern des Reinzuchtapparates nicht ganz zu. Zu niedriger Kalkgehalt der Würze (s. Bd. IV, S. 88), zu kalte Gärführung u. dgl. m. können Veranlassung zu schlechter Bruchbildung geben. Die Zusammensetzung der Würze ist zweifellos nicht ohne Einfluß auf die Bruchbildung; oft kommen Fehler bei der Malzbereitung oder beim Maischprozesse auf diese Weise zum Ausdrucke. So zeigen sehr schlecht verzuckerte Würzen nur selten Bruch.

Nachdem Kusserow (1) bereits darauf hingewiesen hatte, daß Menge und Art der Stickstoffernährung der Hefe auf das Absetzen derselben von Einfluß sind, setzte Lange diese Versuche fort. Dabei zeigte sich,

daß die mit Pepton ernährten Hefen (s. Bd. IV, S. 102) sich klumpiger absetzten als die mit Asparagin ernährten, welche mehr staubigen Charakter zeigten. Lange (1) glaubt, dieses verschiedene Verhalten damit erklären zu können, daß der bei der Gärung entstehende Alkohol Pepton in Form kleiner Flöckchen ausscheidet, welche mechanisch das Zusammenballen der Hefe zu Flocken ermöglichen.

Nach Versuchen von Schönfeld (1) herrscht über die zur Herbeiführung des Bruches notwendigen Bedingungen noch keine völlige Klarheit. Im großen und ganzen erreicht man bei größerer Aussaat eine schnellere Beendigung der Hauptgärung („Durchfallen" des Bieres) als bei geringerer Hefengabe. Versuche von Reichard und Riehl (1) bestätigten auch, daß bei geringer Hefengabe die Bruchbildung in die Länge gezogen wird. Bei seinen weiteren Versuchen stellte Reichard, im Gegensatz zu Schönfeld (1), fest, daß bei reichlichen Hefengaben (75 kg auf 100 hl Würze) oft infolge starker Glutinausscheidung die Klärung nur schwer erfolgt. Der Einfluß der Temperatur auf die Bruchbildung soll nach Schönfeld (1) nicht nennenswert sein. Auch er glaubt, daß der Peptongehalt der Würzen eine gewisse Rolle bei der Bruchbildung spielt.

Nicht nur die chemische Zusammensetzung der Würze bedingt mehr oder weniger die Bruchbildung, sondern es ist auch der Charakter der Hefe von entscheidendem Einfluß auf jene Erscheinung. Es sind nämlich Hefenstämme bekannt, welche unter allen Umständen einen schlechten Bruch geben und keine feste sondern eine dünnflüssige Satzhefe im Bottich liefern. Trotzdem das Arbeiten mit solchen Stämmen ein größeres Maß von Sorgfalt erheischt, bedient man sich ihrer dennoch, und zwar dann, wenn sie andere schätzenswerte Eigenschaften besitzen, so insbesondere große Haltbarkeit des damit erzeugten und also bei der Ausfuhr sich bewährenden Bieres. Eine solche Hefe ist die *Carlsberg Unterhefe Nr. 1*, mit welcher Hansen zuerst sein Reinzuchtverfahren in die Gärungsgewerbe eingeführt hat. Hingegen wird es für die Erzeugung eines Bieres, welches bald zum Konsum kommen kann, wirtschaftlich vorteilhaft sein, mit einer rasch klärenden Hefe zu arbeiten. Nach einer Annahme von Delbrück (2) sollen die bruchbildenden Hefen weniger peptische Enzyme enthalten als die Hefen mit Staubcharakter.

Schönfeld (1) hat 1896 über den Verlauf der Klärung bei Lagerbier Untersuchungen angestellt, welche die Feststellung der Hefenmengen mittelst der Hefenzählkammer zum Gegenstand haben. Er fand dabei im Kubikmillimeter nachfolgende Anzahl an Hefenzellen:

die mit Hefe eben angestellte Würze	14 600
Jungbier vor dem Fassen	54 000
„ lauter gefaßt	500
Lagerbier schankreif	0,1—10.

Man sieht aus diesen Zahlen, welch große Mengen von Hefenzellen während der Lagerung des Bieres, vom Einschlauchen des Jungbieres auf das Lagerfaß an gerechnet, zu entfernen sind. Dieses Absetzen kann man auch dadurch fördern, daß man Späne in das Faß einwirft, und zwar entweder solche aus Haselnußholz oder solche aus Aluminiumblech, worüber Näheres bei Will (4) zu finden ist. Auch ungebranntes Porzellan soll schon zur Klärung verwendet worden sein. Auf solcher Unterlage nun setzen sich die Zellen fest. Die mikroskopische Untersuchung des Belages von Klärspänen, welche aus einem kurz vorher entleerten Lagerfasse herausgenommen worden sind, läßt erkennen, daß die Zellen durch

Schleimstoffe festgehalten sind. Auf die Klärung des Bieres durch Filtration wird im 7. Kapitel noch näher eingegangen werden. Die durch REINKE (3) im Jahre 1896 vorgeschlagene Förderung der Klärung des Bieres durch Belichtung wird kaum zu empfehlen sein, da nach W. SCHULTZE (2) das Licht den Wohlgeschmack des Bieres sehr beeinträchtigt. Sollte die natürliche Klärung des Bieres aus irgend welchen Gründen nicht erreicht werden können, so kann eventuell die Verwendung künstlicher Klärmittel in Betracht kommen. Als solche gelten: Hausenblase, Gelatine, Raya clavata und Isinglas. Man pflegt von diesen Mitteln 7—10 g mit 4—20 g Weinsäure pro Hektoliter Bier zuzusetzen. REINKE (2), SCHÖNFELD (3) und DINKLAGE (1) haben darauf hingewiesen, daß Bier nach Passieren eines verzinnten Filters und überhaupt nach Berührung mit Zinn sich nach verhältnismäßig kurzer Zeit trüben kann, ohne daß Organismen dabei beteiligt sind. SEYFFERT (2) wies nach, daß die betreffende Trübung durch die Ausscheidung einer Zinn-Eiweiß-Verbindung hervorgerufen wird.

§ 35. Der Vergärungsgrad der Biere in seiner Abhängigkeit von mykologischen Faktoren.

Der Vergärungsgrad gibt die in Prozenten ausgedrückte Menge der vergorenen Extraktbestandteile der ursprünglichen Würze an. Dessen Berechnung erfolgt nach der Formel

$$V = 100 \cdot \frac{E-e}{E}$$

worin V den Vergärungsgrad, E den Extraktgehalt der ursprünglichen Würze, e den Extraktrest der vergorenen Würze (des Bieres) bedeutet. Je nachdem man für e den wirklichen oder den ohne Berücksichtigung des Alkohols aus dem spezifischen Gewichte sich ergebenden scheinbaren Extraktrest einführt, unterscheidet man den wirklichen und den scheinbaren Vergärungsgrad.

Für die Höhe des Vergärungsgrades ist in erster Linie die Menge vorhandener Kohlenhydrate maßgebend, welche durch die Hefe vergoren werden kann. Bei dem während des Maischprozesses stattfindenden Abbau der Stärke werden Amylodextrin, Erythrodextrin, Achroodextrin und Maltose gebildet. Die beiden erstgenannten Dextrine finden sich nur in anormal zusammengesetzten Würzen. Die übrigen Kohlenhydrate bilden zugleich mit dem aus dem Malze stammenden präexistierenden Zuckern, nämlich Rohrzucker, Lävulose und Dextrose, die normalen Kohlenhydratbestandteile des Würzeextraktes. Wie im 18. und im 19. Kapitel des IV. Bandes gezeigt wurde, verhalten sich die einzelnen Zuckerarten in bezug auf ihre Vergärbarkeit verschieden. Infolge dieses Umstandes wie auch infolge der wechselnden Zusammensetzung des Würzeextraktes wird der Vergärungsgrad mehr oder weniger variieren können. Die Zusammensetzung des Extraktes ist 1. durch die Beschaffenheit des Malzes und 2. durch das Maischverfahren (s. Bd. IV, S. 103) bedingt. Bezüglich dieser Faktoren sei hier auf PRIOR (2) verwiesen.

Wie in Bd. IV, S. 86 und S. 101 schon gezeigt wurde, können die mineralischen Nährstoffe der Hefe die Eigenschaften derselben und den Vergärungsgrad stark beeinträchtigen. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß abnorm zusammengesetzte Brauwässer auf den Vergärungsgrad von Einfluß sind. Die älteren Versuche SCHULTZE's (1), welche allerdings

nicht mit Reinhefe angestellt sind, bezogen sich auf die Abhängigkeit des Vergärungsgrades von gewissen Mineralsubstanzen und seien hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Starkes Wässern der Hefe soll derselben größere Mengen ihrer Mineralbestandteile entziehen und infolgedessen eine anfängliche Erniedrigung des Vergärungsgrades zur Folge haben; vergl. S. 100 u. 108.

Außer von der Zusammensetzung des Nährsubstrates wird der Vergärungsgrad aber auch noch von den Vegetationsbedingungen abhängig sein, unter welchen die Hefe arbeitet. So will man durch das Herführen des Zeuges eine (wenn auch geringe) Erhöhung des Vergärungsgrades beobachtet haben. Das gleiche soll man auch durch „Umpumpen" oder „Umschlauchen" der gärenden Würze in einen anderen Bottich erreichen können. Die dabei stattfindende Entfernung der Kohlensäure und gleichzeitige Lüftung werden dies in erster Linie veranlassen. Reichard (3) berichtet, daß die mit einem Flächenberieselungskühler gekühlten Würzen höher vergären als weniger stark gelüftete Würzen. Er führt dies auf die durch die heiße Lüftung stattfindende chemische Bindung des Sauerstoffs (s. Bd. IV, S. 124) zurück.

Durch entsprechende Wahl der Gärtemperaturen ist der Praktiker in der Lage, den Vergärungsgrad am Ende der Hauptgärung nach Erfordernis zu regeln. Man pflegt die Hauptgärung gewöhnlich so weit zu treiben, daß für die Nachgärung noch hinreichende Extraktmengen vorhanden sind.

Welchen Einfluß die Größe der Aussaat auf die Höhe des Vergärungsgrades hat, ist wiederholt geprüft worden. W. Schultze (1) hatte im Bottich gleich starke Vergärung erhalten, gleichgültig, ob 0,4 oder 1,2 l Samenhefe auf den Hektoliter Würze zugesetzt wurden. Thausing (1) konnte auf Grund eigener Erfahrungen diese Angaben bestätigen, sofern sich die Hefenaussaat zwischen 0,33 und 0,66 l Hefe pro Hektoliter Würze bewegt. J. Murphy (1) trat diesen Ansichten auch für die Gärungen nach englischem Brauverfahren bei. Im Gegensatz zu diesen Anschauungen glaubten Reinke (1) und F. Černý (1) bei Erhöhung der Aussaatmengen auch eine Steigerung des Vergärungsgrades beobachten zu können. Eingehende Untersuchungen, welche wir hierüber A. Reichard und A. Riehl (1) verdanken, haben für die letzteren Behauptungen eine Stütze geliefert. Die *Fig. 11* veranschaulicht die Abnahme der Saccharometeranzeige einer gärenden hellen Würze von 14,6 Proz. Balling vom 8. Tage ab und zeigt, daß deren Saccharo-

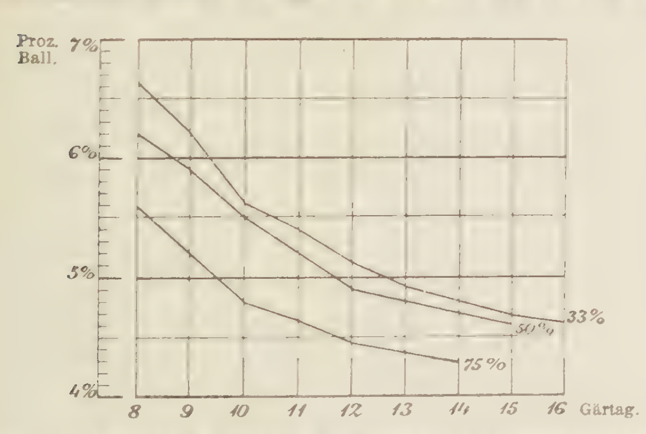


Fig. 11. Einfluß der Größe der Hefengabe auf die Geschwindigkeit der Vergärung einer Bierwürze während des 8.—14. Tages der Bottichgärung. — Nach Reichard und Riehl.

meteranzeigen bei einer Hefengabe von 33 resp. 50 l dickbreiiger Hefe pro 100 hl Würze vom 15. Tage ab dem Werte von 4,5 Proz. Ballg. sich außerordentlich nähern, während bei einer Parallelprobe mit 75 l

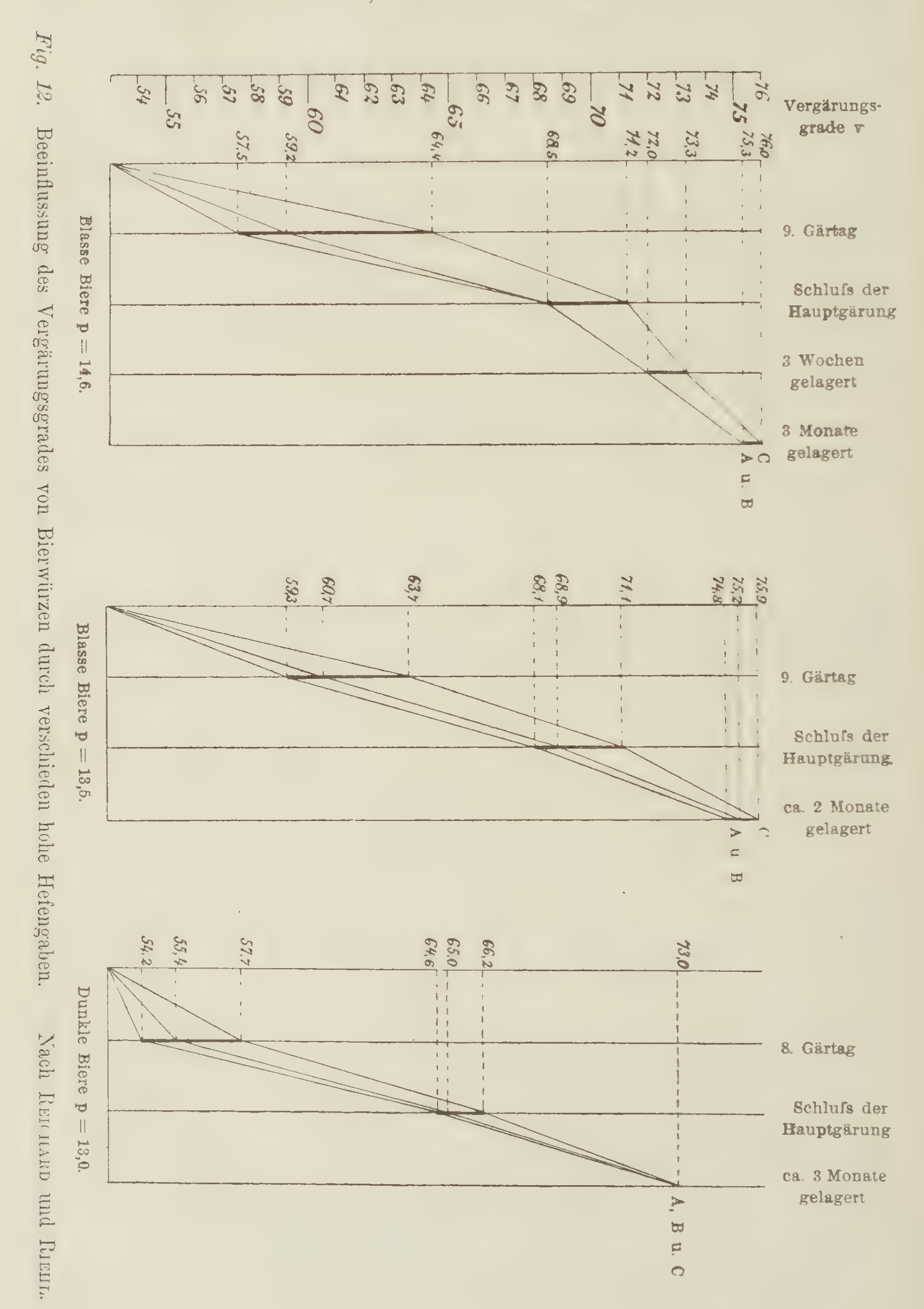


Fig. 12. Beeinflussung des Vergärungsgrades von Bierwürzen durch verschieden hohe Hefengaben. Nach Reichard und Riehl.

Hefengabe die Saccharometeranzeige schon vom 14. Tage ab auf 4,3 Proz. hinuntergegangen war. Ein solcher Einfluß der Größe der Hefengabe auf den Vergärungsgrad konnte durch die genannten Forscher sowohl an Würzen für lichtes Bier als auch an dunkler Würze bemerkt werden, sofern man mit der Beurteilung am Schlusse der Hauptgärung stehen blieb. Nach Ablauf der Nachgärung konnte nur noch bei den hellen Bieren die erwähnte Differenz im Vergärungsgrad beobachtet werden, während der Vergärungsgrad der dunklen Biere bei allen Versuchen mit verschiedener Hefengabe gleich war. Diese Ergebnisse kommen in nebenstehender graphischer Darstellung (*Fig. 12*) deutlich zum Ausdruck. Die mit *A* bezeichnete Kurve stellt die Vergärungsgrade bei 33 l Hefengabe, die mit *B* bezeichnete Kurve bei 50 l Hefengabe und die mit *C* bezeichnete Kurve bei einer Hefengabe von 75 l auf 100 hl dar. Eine zureichende Erklärung der Ursache dieser geringen Erhöhung des Vergärungsgrades durch Steigerung der Hefengabe läßt sich derzeit noch nicht finden. Der Mehrverbrauch an Würzebestandteilen wird zum Aufbau neuer Zellen kaum Verwendung finden, denn nach den Ausführungen auf S. 120 des IV. Bandes ist der in der Volumeinheit des Nährbodens entstehende Zuwachs an Zellen bei größerer Aussaatmenge gleich oder sogar geringer als bei kleinerer. Versuche von IRMISCH (1), welche sich auf die Hefen *Saaz* und *Frohberg* erstreckten und bei denen Gärungen in verschieden starken Würzen durchgeführt wurden, ergaben, daß die Konzentration keinen wesentlichen Einfluß auf den Vergärungsgrad jener Hefen ausübe.

Außer von den bereits erwähnten Faktoren ist aber der Vergärungsgrad auch noch von der zur Gärung verwendeten Art und Rasse abhängig. Man unterscheidet deshalb nach dem Vorschlage von A. BAU (1) folgende drei Hauptklassen: 1. Hefe *Saaz* (Berliner Sammlung Nr. 6), 2. Hefe *Frohberg* (Berl. Samml. Nr. 19), 3. Hefe *Logos*. Zu dieser Gruppe gehört auch noch der *Schizosaccharomyces Pombe*. Die Hefen vom Typus 1, zu welchem nach SCHUKOW (2) die meisten wilden Hefen gehören, vergären am niedrigsten, während die Hefen vom Typus 2 einen weit größeren Teil des Extraktes vergären. Die Hefen vom Typus 3 vergären nicht nur die vorhandenen Zuckerarten sondern auch eventuell Dextrin. Jene drei Hefentypen werden von PRIOR (1) in folgender Weise charakterisiert: Die Hefen *Saaz* lassen bei der Vergärung am meisten Achroodextrin III und infolgedessen auch mehr Maltose unvergoren als diejenigen vom Typus *Frohberg* und diese wiederum mehr als die Hefe *Logos*. PRIOR (1) erkennt übrigens die Typen *Saaz* und *Frohberg* im gärungsphysiologischen Sinne nicht an. Nach diesem Verfasser erreicht man nämlich mit beiden Hefen denselben Endvergärungsgrad, wenn nur die Gärung unter den günstigsten Umständen (starker Hefengabe, hoher Temperatur, starker Lüftung) vor sich geht.

Nach H. VAN LAER (2) ist der Vergärungsgrad zweifellos als eine spezifische Eigenschaft der einzelnen Rasse zu betrachten. Dies folgt auch aus Versuchen von LINDNER (1), IRMISCH (1) und GRONOW, welche stets die gleiche Würze unter gleichen Bedingungen mit verschiedenen Hefen impften und in gleicher Weise vergären ließen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Hefen waren dabei recht erhebliche. Einen weiteren Beweis für den oben aufgestellten Satz erbrachte SCHÖNFELD (2) in der Weise, daß er aus einem Gemenge von hoch und von niedrig vergärenden Hefen 500 Zellen isolierte und die Nachkommenschaft der-

selben auf Vergärungsgrad näher untersuchte. In der Tat ergaben sich hierbei Unterschiede im Vergärungsgrad von 11—13 Proz.

Wie bereits im § 33 auf S. 140 ausgeführt wurde, kann durch gleichzeitiges Zusammenwirken zweier oder mehrerer Hefenarten der Vergärungsgrad wesentlich beeinflußt werden. Auf die Versuche Becker's (1) mit wilder Hefe wird im 8. Kapitel einzugehen sein.

Um den Vergärungsgrad sehr dextrinreicher Würzen zu erhöhen, läßt man die Diastase während der ganzen Gärung fortwirken, wodurch ein allmählicher Abbau und Vergärung der Dextrine bewirkt wird. Man kann die Diastase in Form von Malzmehl, Malzauszug, Vorderwürze oder Hopfen, welcher geringe Mengen hiervon enthält, zusetzen. Außer Bruchbildung und Klärung ist für den Praktiker nach dem Verlaufe der Hauptgärung auch die Höhe des Vergärungsgrades zur Beurteilung des ganzen Gärungsverlaufes maßgebend. Zur Erhöhung der Haltbarkeit des Bieres ist nämlich die Arbeitsweise so einzurichten, daß der Vergärungsgrad beim Ausstoße der meisten Biere, insbesondere der Flaschenbiere, möglichst nahe an den Endvergärungsgrad heranreicht, d. h. daß beim Ausstoße fast der gesamte vergärbare Extrakt vergoren ist. Man wird daher auch die Gärung auf dem Bottiche so zu leiten suchen, daß nur so viel Extrakt in dem fässigen Jungbier enthalten ist, als zur Bildung der Kohlensäure im Lagerfasse erforderlich sein wird. Hingegen werden gewisse Spezialbiere (Bock, Salvator) und rasch zu konsumierende Biere nicht bis zum Endvergärungsgrad getrieben.

§ 36. Biologie der Lagergärung.

Zur vollständigen Ausreifung des Bieres einerseits, sowie zum Zwecke einer weiteren Vergärung andrerseits, überläßt man das Bier noch der Nachgärung im Lagerfasse. Das Stadium, in welchem das Jungbier nach dem Lagerfasse gelangt, kann je nach dem Fortschreiten der Gärung auf dem Bottiche als „grün“ oder als „lauter“ bezeichnet werden (s. S. 144). Bei „grünem“ Fassen geht die Absicht dahin, verhältnismäßig viel Hefe dem Biere in das Lagerfaß mitzugeben und damit eine raschere Nachgärung einzuleiten. Es wird von der Voraussetzung ausgegangen, daß ein Bier, welches im Schaugläschen viel suspendierte, im Zustande des Bruches befindliche Bestandteile enthält und im durchfallenden Licht weniger klar erscheint, auch dementsprechend mehr Hefenzellen enthält und umgekehrt.

Nach den Untersuchungen von Will (5) enthält Bier beim lauteren Fassen 880 000 Zellen im Kubikzentimeter, während es beim grünen Fassen 6 880 000 — 19 600 000 Zellen aufweist. Diese Zahlen stimmen auch durchweg mit den von Schönfeld (1) gut überein. Außer von dem Auftreten des Bruches nach Beendigung der Hauptgärung macht aber der Praktiker den Zeitpunkt des Fassens von der mehr oder weniger vorgeschrittenen Vergärung auf dem Bottiche abhängig. Er strebt eben danach, in das Lagerfaß noch soviel Extrakt zu bringen, daß sich in jenem noch eine entsprechende Nachgärung und Kohlensäureentwicklung vollziehen kann. Um die Nachgärung andrerseits aber auch nicht wieder zu stürmisch verlaufen zu lassen, wird er in bezug auf jene Extraktmengen nicht zu weit gehen dürfen. Der Brauer trachtet somit danach, daß die Saccharometeranzeige mit dem Aussehen des Bieres in richtigem Einklang steht, daß bei richtigem Bruch der Vergärungsgrad

ein nicht zu hoher ist. Dann bleibt auch für die Nachgärung eine genügende Menge an vergärbarem Material übrig, und das Bier zeigt bis zum Abziehen Leben. Man wird mit Rücksicht auf die Haltbarkeit einen gewissen Endvergärungsgrad des Bieres zu erreichen suchen, der jedoch bei einem gesunden Bier durchaus nicht zu weit getrieben zu werden braucht. Je geringer die Hefenmenge ist, welche mit dem Bier in das Lagerfaß kommt, desto kleiner ist der Gäreffekt derselben und desto länger braucht die Hefe, bis sie sich soweit vermehrt hat, daß eine kräftige Gärung eintreten kann. Die Nachgärung zieht sich also dementsprechend längere Zeit hinaus, und es muß das Bier, um seine volle Reife zu erhalten, auch viel längere Zeit als bei grünem Fassen lagern. Bei grünem Fassen kann zweifellos die Lagerzeit abgekürzt werden, und außerdem soll durch die rasche Entfernung der im ersten Stadium der Nachgärung sich ausscheidenden Stoffe der Geschmack des Bieres reiner werden. Von großem Vorteil ist das Grünfassen bei einer Infektion mit wilder Hefe, welche gegenüber den reichlichen Mengen von Kulturhefe dann weniger zur Entwicklung kommt. Als wesentliche Nachteile des grünen Fassens kämen nach WILL (2) folgende in Betracht: Grünfassen setzt eine gleichmäßig niedrige Kellertemperatur voraus, bei Schwankungen der letzteren tritt leicht zu hohe Vergärung ein. Nachgärungen auf dem Transport können bei nicht normal vergorenen grüngefaßten Bieren leichter vorkommen. Die Klärung auf natürlichem Wege wird erschwert; die Gegenwart von viel Hefe kann insofern nachteilig wirken, als der Geschmack des Bieres um so mehr durch Stoffe, welche von Hefe herrühren, beeinflußt werden kann, auf je mehr Hefe das Bier lagert.

Die Klärung des Bieres auf dem Lagerfasse vollzieht sich durch Absetzen der Hefe; hierbei spielen die im § 34 behandelten Faktoren die Hauptrolle. Bezüglich der bei der niedrigen Temperatur noch allenfalls stattfindenden Vermehrung der Hefe sei auf Bd. IV, S. 116 verwiesen.

Ueber die Temperatur des zum Fassen gelangenden Jungbieres macht WILL (2) Mitteilungen. Er bezeichnet es aus nachfolgenden Gründen im allgemeinen als vorteilhaft, das grüne Jungbier vor dem Einschlauchen in die Lagerfässer abzukühlen: 1. Die Dauer der Hauptgärung wird hierdurch abgekürzt. 2. Das Bier bleibt kohlensäurereicher und haltbarer. 3. Es wird einer Erwärmung des Lagerkellers vorgebeugt und damit an Kühlung gespart. 4. Dagegen wird durch das Abkühlen ein ungünstiger Einfluß auf die Hefe und damit auf die Haltbarkeit ausgeübt. 5. Kann unter Umständen durch das plötzliche Abkühlen eine Eiweißtrübung im Bier hervorgerufen werden, durch welche die Klärung desselben ganz wesentlich beeinträchtigt wird. In Beziehung auf die einzuhaltende Temperatur wird sehr wesentlich ins Gewicht fallen, ob grün oder lauter geschlaucht wird, ob das Bier Neigung besitzt, hoch oder niedrig zu vergären. Ob grün oder lauter zu fassen ist, darüber entscheidet das Alter, welches das Bier erreichen soll.

Biere, welche nach 4—6 Wochen zum Ausstoß kommen sollen, wird man mehr grün fassen; dagegen läßt man das Bier im Bottich mehr durchfallen, wenn dasselbe erst nach 4—6 Monaten reif sein und zum Ausstoß kommen soll.

Das fässige Bier besitzt einen verhältnismäßig unreifen, hefigen Geschmack, welcher gegenüber dem des fertigen Bieres noch wenig abgerundet erscheint. Eine Verbesserung im Geschmack kann zwar durch künstliche Klärung mit Filtrierapparaten, oder durch Einblasen von

Luft oder Kohlensäure (Pfaudler, Nathan [1]) stattfinden, insofern als das Bier einen Teil des hefigen Junggeschmackes hierdurch verliert; dennoch sind aber derartig künstlich geklärte Biere im Geschmack kenntlich; vgl. Aubry (1) und Wahl und Henius (1). Diese allgemein bekannte Tatsache beweist, daß während der Nachgärung und Lagerung sich chemische Prozesse abspielen, welche den Geschmack und die Bekömmlichkeit des Bieres wesentlich beeinflussen. Inwiefern hierbei enzymatische Wirkungen in Betracht kommen, ist bis jetzt noch nicht genügend aufgeklärt. Prior (2) hat enzymatische und osmotische Vorgänge bei der Nachgärung speziell für Kohlenhydrate nachgewiesen, und zweifellos spielen solche Prozesse bei der die Nachgärung durchführenden, in einem gewissen Ruhezustand befindlichen Hefe eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die Bildung von Estern, wie solche Graf (1) an einigen alten pasteurisierten Bieren nachgewiesen hat, trägt zweifellos bei der Lagerung des Bieres zur Abrundung des Geschmacks bei. Auch bei einem $12^1/_2$ Jahre alten Biere hat Lang (1) einen an Südwein erinnernden Geschmack festgestellt.

Wenn die Nachgärung im Lagerfasse besonders stürmisch erfolgt, so kommt dies in der Weise zum Ausdruck, daß Schaumpartien in größeren Mengen aus dem Spundloche heraustreten. Man spricht hier von dem „Käppeln“ des Bieres oder von dem „Stoßen“ desselben. Ist die Vergärung in dem Lagerfasse in dem wünschenswerten Maße vor sich gegangen, so erfolgt in den meisten Fällen das Spunden des Fasses, d. h. das Faß wird am Zapfloch durch einen Spund verschlossen, so daß die sich bildende Kohlensäure unter Druck dem Biere einverleibt wird. Seit einiger Zeit bedient man sich hierzu auch einfacher Quecksilber-Manometer, welche bei einem gewissen Ueberdruck im Fasse die überschüssige Kohlensäure entweichen lassen. Ueber die beim Spunden herrschenden Druckverhältnisse, sowie über den Einfluß des Druckes auf den ganzen Verlauf der Gärung hat Prandtl (1) eine Reihe von Versuchen angestellt und gefunden, daß der Druck beim Spunden bis zu 0,4 at steigt; vgl. auch die Angaben auf S. 134—135 des IV. Bandes.

Um dem lagernden Biere noch weitere Extraktmengen zuzuführen, welche bei der Vergärung die zur Bildung eines guten Mousseux erforderliche Kohlensäure liefern sollen, herrscht vielfach die Gepflogenheit, dem Biere „Kräusenbier“, d. i. in Gärung befindliche Würze (s. S. 86), zuzusetzen. Man spricht hier vom sogenannten „Aufkräusen“ des Bieres, welches sich speziell für Biere, die auf dem Bottich stark vergoren sind, gut eignet. Zum Auffüllen des während der Nachgärung sich etwas verringernden Faßinhaltes kann Kräusenbier, fertiges Bier oder auch Wasser verwendet werden. Man bezeichnet dies als das „Nachstechen“ des Bieres mit Kräusenbier, Bier oder Wasser.

Wie Untersuchungen von Wahl (1) und Schönfeld (1) gezeigt haben, nimmt der Keimgehalt des Bieres während der Nachgärung wie folgt ab:

Bier nach dem Aufkräusen	1830	Zellen in	1	cmm
Bier vor dem Spunden	62	„ „	1	„
Fertiges Bier staubig	82	„ „	1	„
Fertiges Bier fein	18	„ „	1	„
Fertiges Bier glanzfein	5	„ „	1	„

Zu ganz ähnlichen Zahlen kam auch Doemens (1), nach dessen Untersuchungen 1 ccm eben abgefüllten Bieres 5750—39250 Kolonien

auf Würzegelatine und 5750—33750 Kolonien auf Fleischwasser-Peptongelatine entwickelte.

Auf dem Boden des Lagerfasses setzt sich während der Lagergärung die Hefe als „Geläger" ab. Dasselbe soll bei normal verlaufender Gärung ausschließlich aus Kulturhefe bestehen, welcher Glutinkörperchen 5 und in geringem Grade wohl auch einige Bakterien beigemengt sind. Langgestreckte Formen der Hefen finden sich im normalen Geläger nur selten. Daß übrigens die Hefenzellen im Geläger nachteilig verändert werden, geht aus der Tatsache hervor, daß Reinkulturen jener Hefen dem Biere einen eigenartigen Geschmack zu verleihen im- 10 stande sind, wie dies von Braun (1) nachgewiesen wurde. Ueber das Vorkommen von Erregern von Bierkrankheiten im Geläger vgl. das 8. Kapitel. In früheren Jahren herrschte wohl die Ansicht vor, daß zur Durchführung der Nachgärung andere Hefen erforderlich seien als zur Hauptgärung. Dieser Anschauung huldigten vor allem H. van Laer (1), 15 sowie auch Brown und Morris (1) und Morris und Wells (1) u. a. Sie ist, wie wir nun wissen (s. S. 84), nur für die englischen (Porter-) und nicht auch für die kontinentalen (untergärigen Lagerbier-)Brauereien zutreffend.

Literatur

zum Kapitel Hauptgärung und Nachgärung des Bieres.

*__Aubry,__ (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1897, Bd. 20, S. 631. *__Bau,__ Arm., (1) W. f. Brauerei, 1894, Bd. 11, S. 1366. *__Becker,__ C., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1899, Bd. 22, S. 5. — (2) Ebenda, S. 597. *__Braun,__ R., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 93. *__Brown__ und __Morris,__ (1) Journ. Chemical Society, 1885, S. 527. __Černý,__ Fr., (1) Oesterr. Brauer- und Hopfen-Ztg., 1895, Bd. 8, S. 225. *__Claussen,__ N. Hj., (1) Journ. Inst. Brewing, 1904, Bd. 10, S. 308; W. f. Brauerei, 1904, Bd. 21, S. 370. *__Delbrück,__ M., (1) W. f. Brauerei, 1895, Bd. 12, S. 65. — (2) Jahrbuch d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1902, Bd. 5, S. 328. *__Delbrück,__ M., und __Schönfeld,__ F., (1) System d. natürl. Hefereinzucht, Berlin 1903. *__Dinklage,__ (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 209. *__Doemens,__ A., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1892, Bd. 15, S. 453. *__Ehrich,__ E., (1) Der Bierbrauer, 1897, Bd. 28, S. 65; cit. n. Kochs Jahresb., 1897, Bd. 8, S. 126. *__Graf,__ (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1903, Bd. 26, S. 251. *__Habich,__ (1) Der Bierbrauer, 1859, Bd. 1, S. 122. *__Hansen,__ E. Chr., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1879, Bd. 1, S. 49. — (2) Ebenda, 1881, Bd. 1, S. 159. — (3) Ebenda, 1882, Bd. 1, S. 197. — (4) Unters. a. d. Praxis d. Gärungsindustrie, 1. Heft, 3. Aufl., München 1895, S. 79. — (5) Desgl., 2. Heft, München 1892. *__Holm,__ J. Chr., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1887, Bd. 10, S. 449. *__Irmisch,__ M., (1) W. f. Brauerei, 1891, Bd. 8, S. 1135. *__Kusserow,__ R., (1) Brennereizeitung, 1897, Bd. 14, Nr. 318. *__van Laer,__ H., (1) Transact. Inst. Brewing, 1893, Bd. 7, S. 55. — (2) Moniteur scientifique, 1895, S. 499. — (3) Bullet. Assoc. belge des chimistes, 1895, Nr. 1. *__Lang,__ A., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1902, Bd. 25, S. 409. *__Lange,__ H., (1) W. f. Brauerei, 1899, Bd. 16, S. 49. *__Lindner,__ P., (1) W. f. Brauerei, 1894, Bd. 11, S. 381. — (2) Jahrbuch d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1901, Bd. 4, S. 309. *__Lintner,__ C., (1) Lehrbuch d. Bierbrauerei, 1879, Bd. 2, S. 2. *__Lintner,__ C. J., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 785. *__Morris,__ G. H., und __Wells,__ J., (1) Transact. Inst. Brewing, 1892, Bd. 5, S. 133. *__Murphy,__ J., (1) J. federated Inst. Brewing, 1899, Bd. 5, S. 432. *__Nathan,__ (1) Jahrbuch d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1903, Bd. 6, S. 469. *__Pasteur,__ L., (1) Etudes s. la bière etc., Paris 1876, S. 340. — (2) Ebenda, S. 374. *__Petersen,__ Anton, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1888, Bd. 11, S. 53. *__Prandtl,__ C., (1) Dinglers Journ., 1865, Bd. 178, S. 149. *__Prior,__ E., (1) Bayr. Brauer-Journal, 1895, Bd. 5, S. 61 u. 193. — (2) Chemie u. Physiologie d. Malzes u. d. Bieres, Leipzig 1896, S. 484. *__Reichard,__ A., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1892, Bd. 15, S. 402. — (2) Ebenda, 1897, Bd. 20, S. 411. — (3) Ebenda, 1891, Bd. 14, S. 533. *__Reichard,__ A., und __Riehl,__ A., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1897, Bd. 20, S. 8. *__Reinke,__ O., (1) W. f. Brauerei, 1889, Bd. 6, S. 569. — (2) Ebenda, 1895, Bd. 12, S. 213. — (3) Ebenda, 1896, Bd. 13, S. 400. *__Schönfeld,__ F., (1) W. f. Brauerei, 1896, Bd. 13, S. 421. — (2) Ebenda, 1902, Bd. 19, S. 43. — (3) Ebenda, 1904, Bd. 21, S. 133. — (4) D. Herstellung obergäriger Biere, Berlin 1902. *__Schukow,__ J., (1) W. f. Brauerei, 1896, Bd. 13, S. 302.

— (2) Ebenda, 1899, Bd. 16, S. 195. ***Schultze,** W., (1) D. bayr. Bierbrauer, 1876, Bd. 11, S. 3. — (2) Mitt. d. Oesterr. Versuchsstation f. Brauerei u. Mälzerei in Wien, 1888, Heft 1, S. 10. ***Seyffert,** H., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1896, Bd. 19, S. 318. — (2) W. f. Brauerei, 1904, Bd. 21, S. 398. ***Syrée,** G., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1899, Bd. 5, S. 6. ***Thausing,** (1) Lehrb. d. Bierbrauerei u. Malzfabrikation, 4. Aufl., Leipzig 1893, S. 765. ***Vuylsteke,** J., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1888, Bd. 11, S. 537; 1889, Bd. 12, S. 1. ***Wahl,** R., (1) D. Braumeister, 1889, S. 307; Z. f. d. ges. Brauwesen, 1889, Bd. 12, S. 297. ***Wahl** und **Henius**, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1890, Bd. 13, S. 139. ***Will,** H., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1894, Bd. 17, S. 315. — (2) Ebenda, 1895, Bd. 18, S. 373. — (3) Ebenda, 1896, Bd. 19, S. 364. — (4) Ebenda, 1896, Bd. 19, S. 616. — (5) Ebenda, 1897, Bd. 20, S. 447. — (6) Ebenda, 1900, Bd. 23, S. 344. ***Zeidler,** A., (1) W. f. Brauerei, 1901, Bd. 18, S. 101.

7. Kapitel.

Betriebskontrolle.

Von

Prof. Dr. P. Lindner und Dr. H. Wichmann.[1])

§ 37. Allgemeine Betrachtungen über die Aufgaben der biologischen Betriebskontrolle.

Die Kontrolle mit dem bloßen Auge, mit Nase, Zunge und dem Gefühl in den Fingerspitzen ist in erster Linie wichtig, da sie in kürzester Zeit eine große Anzahl orientierender Analysen ermöglicht und uns oft mit überraschender Deutlichkeit die Stellen aufdeckt, wo etwas nicht in Ordnung ist. Sie genügt aber nicht; sie entziffert uns nicht immer die wahre Ursache einer Unregelmäßigkeit. Hier tritt das Mikroskop ergänzend ein, und wenn nötig noch die Kultur der Mikrobenvegetation, die uns Anhaltspunkte über Art, Zahl und Eigenschaften gewinnen läßt. Umgekehrt reicht die bloße mikrobiologische Analyse nicht aus.

Gesetzt, wir finden eine auffallende Veränderung im Geschmack des Bieres, und das Mikroskop zeigt uns wilde Hefen darin. Das verleitet uns zunächst, einen Zusammenhang zwischen diesen beiden Dingen zu argwöhnen. Der Verdacht ist vielleicht nicht ganz unbegründet; es kann aber der Geschmack anderswoher, z. B. von der Filtermasse, stammen oder von durchgefallenen Decken (s. S. 143) im Bottich oder von angebrannter Maische (in der Maischpfanne) oder von (in der Weiche) erstickter oder von (auf der Tenne) verschimmelter Gerste oder von verräuchertem Malz (undichte Heizrohre in der Darre, angesengte Malzkeime) u. a. m. Hier heißt es zunächst, mit Zunge und Nase die voraufgehenden Stadien der Gärung und alles, was mit ihr in Berührung gekommen, auf Geruch und Geschmack zu prüfen. Ein schlecht imprägnierter Faßspund z. B. kann nach Lindner (5) schon das ganze Faß Bier verderben, fast ungenießbar machen, ebenso ein in Fäulnis übergegangener Hefenbelag, der sich vielleicht hinter dem Pech oder in den Pechblasen angesammelt hat. Es kann ferner aus der Luft die Kalamität stammen. Es kann reicher Schimmelbelag an Kellerwänden

---

[1]) Es sind eingelaufen: §§ 37—45 von H. Prof. Dr. Paul Lindner, Vorstand der biologischen Abteilung des Institutes f. Gärungsgewerbe in Berlin, am 6. 6. 1905 und §§ 46—49 von H. Dr. Heinr. Wichmann in Wien am 11. 7. 1905.

die Luft muffig gemacht und diese den Geruch wieder auf das Bier übertragen haben, ohne daß Schimmelpilzsporen selbst in das Bier gelangt sind. Wer den dumpfen, muffigen Biergeschmack auf die Kellerluft zurückzuführen geneigt ist, möge gesundes Bier mit großer Oberfläche einige Zeit der Kellerluft aussetzen und dann die Kostprobe machen. Wichtig für den Betriebskontrollor ist, daß er den näheren Zusammenhang zwischen Ventilation und Schimmelbildung erkannt hat, wie auch die Rolle, welche die Feuchtigkeit der Luft dabei spielt. Die Luft selbst kann nahezu keimfrei sein und doch höchste Keimentfaltung an den Kellerwänden und Bottichen sowie in Rohrleitungen bedingen. Als die Luftfilter aufkamen, hat man Unmengen beinahe keimfreier Luft in die Keller gedrückt und doch wucherte es an Gefäßen und Wänden. Erst als man daran ging, die Luft trocken zu machen und zu filtrieren, da wurde es besser. Dasselbe geschah da, wo man mit LINDNER (3) merkte, daß unten ausfließende kalte Luft wieder warme feuchte Luft von oben durch die Kellerschächte oder Fenster nach sich zieht, durch dieselben Schächte, durch die man nur die warme Luft aus dem Keller zu entfernen gedachte. Das Beschlagen der Wände, sei es der Mauern oder der Bottiche und Fässer, mit Feuchtigkeit ist der erste Schritt zur Verpestung der Luft und zur dauernden Verseuchung eines Betriebes. Wo trockene Luft herrscht, da gibt es keine starke Vermehrung der oberflächlich befindlichen Keime, und selbst Spritzer von Würze oder Bier können hierzu nicht verhelfen, da sie selbst bald antrocknen. LUFF (1) erwähnt eine Beobachtung, wonach Spritzer von gärender Würze, die beim Aufziehen derselben an die Gärkellerdecke gelangt waren, an dieser trotz zeitweisen Uebertünchens mit Kalkmilch eine *Sarcina*-Entwicklung im Mörtel ergeben hatten. Den Schimmel riecht man oft schon, wenn man bei oberflächlichem Zusehen noch nichts davon merkt. Um ihn zu erschauen, bedarf es oft eines besonderen Kunstgriffes. Allzuhelle Beleuchtung der davon befallenen Fläche läßt den zarten Flaum nicht erkennen; im Halbdunkel bei seitlicher Beleuchtung durch ein einfaches Kellerlicht kann man ihn aber deutlich wahrnehmen, zumal wenn man durch Darüberstreichen mit den Fingern die zarten Hyphen niederdrückt. Diese Fingerspuren erscheinen dann feuchtglänzend im Gegensatz zu den unversehrten Stellen, wo die Fäden die Reflexe mildern. Aber selbst im Dunkeln würde uns der muffige Geruch an den Fingern verraten, daß sie eine schimmelige Fläche gestreift haben.

Bakterien- und Hefenansammlungen fühlen sich schlüpfrig und schleimig an, sind aber in bezug auf den Geruch harmloser als die Schimmelpilze. Nur wenn die Beläge der Selbstverdauung und Fäulnis anheimfallen, geben ihre Gerüche denen der Schimmelpilze nichts nach. Es mag hier vorweg bemerkt werden, daß zurzeit wohl noch die Schädigungen des Bieres durch schlechte Geruchs- und Geschmacksstoffe bei weitem diejenigen überwiegen, die durch direkte Infektion mit Bakterien und wilden Hefen zustande kommen. Selbst da, wo die Gärungen an sich rein sind, kann das Bier doch durch jene schlecht geworden sein. Es mag daraus entnommen werden, welche Bedeutung der Uebung der Sinne in der Auffindung des Ursprungs jener Stoffe zugemessen werden sollte. Wer gut zu sehen, schmecken und riechen versteht, hat drei Viertel der Betriebskontrolle schon erledigt. Es ist hier nicht der Ort, auf alle Umstände, die im Betrieb der Entstehung schlechter Geschmacks- und Geruchsstoffe Vorschub leisten, näher einzugehen; ebenso ist es nicht angezeigt, die für eine direkte Infektion in Betracht kommenden Stellen

alle aufzuzählen. Es sei nur ganz allgemein bemerkt, daß der Begriff Reinlichkeit bislang nur von den Wenigsten richtig erfaßt worden ist. Man kannte eben nur eine Reinlichkeit, die dem Auge genügte. Man wollte alles sauber sehen und sorgte für weiße Holzflächen, blanke 5 Metallteile, frisch gestrichene Kellerwände. Man fragte nur nach der reinen Außenseite, nicht ob darunter noch Schmutz im biologischen Sinne verborgen war. Die Schäden, die durch anscheinend saubere Bottichwandungen, Korke, Spunde, Holzgeräte, Lederschuhe, Lederscheiben angerichtet worden sind, sind zufolge LINDNER (4) ganz bedeutend. Erst 10 im letzten Jahrzehnt wurde man auf die Gefahren solcher poröser Gegenstände, Gefäße usw. aufmerksam. Aus einem sauber scheinenden Holzspund des Gärbottichs oder aus einer Lederscheibe, wie sie zum Abdichten der Ablaßventile usw. dient, kann man minutenlang durch eine Art Massage immer neue Hefenmassen (wilde Hefen) aus den Poren 15 herausbringen.

Die Devise lautet jetzt: Nachforschen, ob milchige Trübungen beim Reiben oder Scheuern mit Wasser zum Vorschein kommen.

Die Entscheidung, ob diese „Milch" gefährlich oder ungefährlich ist, muß das mikroskopische Bild geben; es gibt oft genug milchige 20 Trübungen, die äußerlich vollkommen solchen von wilden Hefen ähneln, in Wirklichkeit aber nichts Lebendes einschließen. Weiterhin ist ein wichtiger Punkt die Kontrolle der zur Reinigung dienenden Gegenstände, der Bürsten, Besen, Schwämme usw. Da sie am meisten mit lebendem Schmutz in Berührung kommen, speichert sich dieser in ihren 25 Poren auf und vermehrt sich da tüchtig. Beim erneuten Gebrauch kann es vorkommen, daß durch sie mehr Organismen auf die zu reinigende Fläche gebracht werden, als auf dieser selbst waren. Man wird also auch bei Bürsten, Besen usw. die Probe auf milchigen Schmutz machen müssen. Bei Bürsten geschieht dies am zweckmäßigsten so, daß man 30 klares Wasser durchlaufen läßt und dann mit der Hand über die Borsten so kräftig streift, daß die dabei wegspritzenden Tropfen von einer vorgehaltenen Glasscheibe, Objektträger oder Fensterscheibe aufgefangen werden können. Wo man bei dem Rundgang durch den Betrieb gleich mehrere Proben solcher „Milch" einsammeln will, wird es 35 sich empfehlen, die von SCHÖNFELD (3) zur Bestimmung des Keimgehaltes in Bottichwürze eingeführte Spiegelglasscheibe mit eingeschliffenen Vertiefungen zu benutzen. Man kann in die Vertiefungen je einige Tropfen der milchigen Proben bringen und diese so bequem transportieren, nachdem man sich über die Reihenfolge und über die Entnahmestellen ent- 40 sprechende Notizen gemacht hat. Von Bottichwänden nimmt man die Probe am besten so, daß man sich Wasser aus dem mitgebrachten Wasserkrug in die hohle, vorher sauber gewaschene Hand gießt und damit die Bottichwand reibt. Das was an der Hand hängen bleibt, kratzt man an der Kante eines sauberen Objektträgers oder einer Glas- 45 scheibe ab.

Wenn auch die vorangegangenen Bemerkungen manchen Fingerzeig gegeben haben, worauf man zu achten hat, so muß doch gesagt werden, daß es wochen- und monatelang dauert, bis man sich die nötige Virtuosität in der Auffindung aller Schlupfwinkel der gefürchteten 50 Mikroben angeeignet hat. Jeder Betrieb, ja jeder neue Apparat, der in der Kellerwirtschaft Verwendung findet, hat seine Besonderheiten in bezug auf Mikrobensiedelungen. Man kann sogar sagen, daß jeder Handgriff, jede Art Handhabung bei der Kellerarbeit beaufsichtigt werden

muß. Wer z. B. mit derselben Bürste die Innen- und die Außenseiten der Hefenwannen bearbeitet, der führt von der schmutzigen Außenseite des zuletzt gereinigten Gefäßes viel mehr wilde Keime in das nächste ein, als vielleicht darinnen waren.

Wer mit einer schon defekten Bürste, deren Deckblatt z. B. schon locker geworden ist, den Bottich bürstet und recht tüchtig aufdrückt, der quetscht die ganze Vegetation, die unter der Deckplatte gesessen hat, seitlich hervor und spült sie beim nächsten Eintauchen der Bürste in das Schaffel in das lauwarme Waschwasser hinein. Zuletzt ist der ganze lebende Schmutz der Bürste hier vereinigt, und bei den letzten Bürstenstrichen an der Bottichwand bleibt durch Adhäsion so viel kleben, daß eine richtige Adhäsionskultur zustande kommt. Daß genügend organische Substanz als Nahrung da ist, wird man schon daraus entnehmen können, daß selbst an rein gewaschenen Bottichen beim oben erwähnten Reiben mit der Handfläche und mit Wasser zumeist ein Schaum entsteht. Bloßes Abspülen einer Wand, an der früher Würze oder Bier sich befand, nimmt von dieser also nicht alles weg. Bekannt ist ja auch, wie schwer Rohrleitungen durch Wasser rein zu spülen sind, bis kein Schaum mehr kommt. Mit der Größe der von Würze und Bier bespülten Oberfläche eines Betriebes wächst die Gefahr der Infektion. In größeren Betrieben sind lange Rohrleitungen nötig, dafür wird in den großen Gär- und Lagergefäßen das Verhältnis zwischen Innenwandfläche und Fassungsraum kleiner. In kleinen Betrieben sind kurze Rohrleitungen, viel Innenwandfläche und geringer Inhalt bei den Gefäßen. Alle in den Wandungen und porösen Materialien, Holzspunden, Korken, Lederscheiben u. dgl. sich bildenden Infektionsherde haben das gemeinsam, daß sie dem Konkurrenzkampf mit der normalen Hefe gleichsam entrückt sind, da diese wegen ihrer zu vollen Gestalt nicht in die Poren gelangen kann. Aber auch wenn sie es könnte, so fehlt doch die genügende Menge vergärbarer Substanz, um durch deren Spaltung energisch wirken zu können. So sehen wir oft friedlich inmitten des Bodensatzes von reinster Kulturhefe am Boden des Bottichs die Lederscheiben der Ablaßventile, die inmitten der Hefe liegen, beinahe mit Reinkulturen von wilder Hefe erfüllt. Da die Würze ihren Weg auch in den Wandungen der Holzzellen selbst nehmen kann, gelangt sie auch tief ins Innere des betreffenden porösen Gegenstandes und kann da zur Hefenvermehrung Veranlassung geben. Die Folge davon ist, daß die am Ausgange der Poren sitzenden Infektionsmassen nach außen herausgedrückt werden und so sich dem Kulturhefenbodensatz oder der gärenden Würze beimischen.

Dieses Herausdrängen der Infektionsmasse dauert aber auch noch an, wenn längst der Bottich entleert und gewaschen ist. Das Wasser, mit dem gewaschen wird, ehe man Desinfektionsmittel anwendet, bringt die Zellen zum Aufquellen (Erhöhung des Turgors). So braucht man sich nicht zu wundern, daß einige Zeit nach dem Reinigen des Bottichs es gerade wilde Organismen sind, die plötzlich in größerer Zahl an den feuchten Flächen oder in den kleinen Pfützen am Boden sich breit machen.

Wenn man sich die Struktur des Holzes vergegenwärtigt, so wird es klar, daß bei Verletzung einer Lackschicht oder einer anderen Deckschicht (Paraffin, Pech) am Grunde des Bottichs die Würze oder das Bier in den Gefäßen des Holzes — das am meisten verwendete Eichenholz hat bekanntlich die weitesten Gefäße — hoch emporsteigt, bis zur gleichen Höhe wie im Bottich, ja vermöge der Kapillarität in den engen

Röhren darüber hinaus. Da zuerst Würze in den Bottich gelassen wird, saugen sich also die Poren zunächst mit Würze voll. Ist es da zu wundern, wenn sich nachher als Füllung der Röhre eine Hefenmasse ergibt, die einen permanenten Infektionsherd darstellt? Was nützt es, wenn unten an der Eintrittsstelle in das Gefäß durch das Desinfektionsmittel ein paar Zellen getötet werden? Deren Leichen bilden ja in demselben Augenblick schon eine Schutzwehr gegen die dahinterliegenden. Nehmen wir noch an, daß in den Teil der Holzmasse, der nicht aus durchgehenden Röhren sondern aus allseitig geschlossenen Holzzellen aufgebaut ist, gar keine Hefe sondern höchstens Würze oder Bier hineingedrungen ist, so können wir uns vorstellen, wie diese Zellen geradezu als Proviantkammern für die Hefen in den benachbarten Röhrengefäßen wirken. Wir werden bei Besprechung der Desinfektionsmittel (§ 45) noch Gelegenheit haben, auf diese Verhältnisse zurückzukommen.

Es möge hier noch bemerkt werden, daß auf die Auffindung der Infektionsherde naturgemäß das Hauptaugenmerk gerichtet werden muß, ehe der Vernichtungskampf zu beginnen hat. Die biologische Analyse von der Würze und vom Bier wird dann zeigen, wie weit das Ziel erreicht ist.

Die Aufgabe des Betriebskontrollors wird weiter sein, diejenigen Anordnungen zu treffen, die ein Aufkommen von Entwicklungsherden in Zukunft verhindern, und seine Leute nach entsprechender Belehrung auch zu beaufsichtigen, damit sie die Anordnungen richtig befolgen. Eine Betriebskontrolle, die nur vom Laboratorium aus in Gang gesetzt wird, kann nie zu befriedigenden Erfolgen führen.

Natürlich ist eines unerläßlich: daß für einen reinen Gärungserreger gesorgt wird. Der Anstellhefe kann man es mit den bloßen Augen nicht ansehen, ob sie frei von fremden Organismen ist. Nur wenn ein saurer oder fauliger Geruch ihr entströmt und sie sich in Wasser staubig verteilt, oder wenn sie gar schon suppig geworden ist, wird man auch ohne Mikroskop voraussagen können, daß sie zu beanstanden ist. Ohne reine Hefe ist jede andere Anstrengung, den Betrieb sauber zu halten, einfach zwecklos.

Nur da, wo man sich durch mikroskopische Prüfung aller eingesammelten Proben und durch eingehendere biologische Analyse der Hefe und des Bieres von der Abwesenheit fremder Organismen überzeugt hat, ist eine größere Bewegungsfreiheit gestattet, sowohl nach der Seite der kälteren als auch der wärmeren, längeren oder kürzeren Gärführung. Wo Reinzuchtapparate in Tätigkeit gehalten werden, deren regelmäßige Kontrolle ebenfalls dem Betriebskontrollor zufällt, ist noch weniger Grund vorhanden, an einem bestimmten Schema in der Gärführung ängstlich festzuhalten. In solchen Brauereien läßt sich die Infektion durch Geschirr, Leitungen usw. besonders leicht verfolgen, weil der sonst störende Faktor der Verunreinigungen der Anstellhefe in Wegfall kommt. Gerade die Erfahrungen in diesen Betrieben haben gelehrt, daß man diese Infektion nicht unterschätzen darf. Wo sie nicht von heut zu morgen auszuschalten geht, wird man zusehen müssen, ob sie nicht durch die Hilfsmittel der natürlichen Reinzucht wenigstens etwas einzuschränken ist.

Wenn wir im vorhergehenden dem Betriebskontrollor die Aufgabe zugewiesen haben, im Betrieb fleißig Umschau zu halten, das Personal zur Reinlichkeit zu erziehen und dann noch im Laboratorium die Proben zu untersuchen, so dürfen wir überzeugt sein, daß er nicht viel freie

Zeit haben wird. In größeren Betrieben muß natürlich eine weitere Arbeitsteilung eintreten: es werden die Proben hier von anderen im Laboratorium verarbeitet werden müssen. Ueberall aber wird sich das Bedürfnis geltend machen, möglichst schnell das Resultat zu erfahren.

„Schnellanalysen“ das ist das Ziel, das in jedem intensiven Betrieb angestrebt werden muß; aber nicht schnell und schlecht, sondern schnell und gut. Am wenigsten eilt es vielleicht mit der Untersuchung der Hefe aus dem Reinzuchtapparat, denn bis zur Entleerung vergehen doch immer einige Tage. Aber die Bottichproben in erster Linie verlangen eine schnelle Analyse. Hier muß man bei der üblichen Methode des gleichmäßigen Verteilens des Bottichbieres auf die Fässer einer Lagerabteilung vor dem „Schlauchen aufs Faß“ wissen, ob nicht ein mißratener Bottich darunter ist, mit dem man die ganze Abteilung verderben kann. Erfahrungsgemäß (s. S. 77) gibt die empfindlichste Reaktion jene Probe, welche am Ende der Hauptgärung unter der Kräusendecke geschöpft wird. Gelingt es, von dieser bis zum Fassen noch die Analyse fertig zu stellen, dann ist eine große Sicherheit gewonnen.

Die Untersuchung der Würze, die in den Bottich läuft, kommt leider mit ihrem Resultat immer zu spät, indem ja die Würze unmittelbar mit Hefe angestellt wird.

Aus der Bottichbierprobe, die einen Tag vor dem Fassen entnommen wurde, kann man auch schon Schlüsse auf die Reinheit der Hefe und darauf machen, ob es geraten ist, diese zum Anstellen von frischen Bottichen zu verwenden. Ist das Resultat unbefriedigend ausgefallen, dann wird man den Bottich auf ein besonderes Faß schlauchen und die Hefe ausscheiden.

Wieviel Aerger würde den Brauereien erspart bleiben, wenn sie immer rechtzeitig wüßten, welche Lagerfässer ohne Gefahr für die Haltbarkeit des für die auswärtige Kundschaft bestimmten Bieres zusammen abgezogen werden können, und bei welchen es ratsamer ist, sie dem schnellen Konsum zuzuweisen.

Eine besondere Betrachtung darüber anzustellen, wie bei Revisionen kleinerer oder mittlerer Betriebe, wo wegen der Kosten besonders mit der Zeit gegeizt werden muß, die biologische Kontrolle am zweckmäßigsten auszuführen wäre, scheint mir an dieser Stelle nicht angebracht, zumal die wesentlichen Punkte ja aus dem Gesamtbilde dieses Kapitels von selbst herauszufinden sein werden.

Auch die Arbeitsweise in den Laboratorien größerer Brauereien, wo wissenschaftliche Arbeitskräfte zur Genüge vorhanden sind und alle Arbeiten in ungestörter Ruhe ausgeführt werden können, kann nicht Gegenstand dieser Erörterungen sein. Erfahrungsgemäß läßt sich kein Laboratorium auf irgend welche in Vorschlag gebrachte Methode festlegen. Ueberall macht sich vielmehr ein selbständiges Streben bemerkbar, und das ist durchaus kein Fehler.

§ 38. Der Keimgehalt der Luft und die Bestimmung desselben.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß vor Eintritt regnerischen Wetters die Atmosphäre reiner und staubfreier wird und einen klaren Fernblick gestattet. Ihre Staubteilchen haben sich, von dem auf-

genommenen Wasserdampf beschwert, zu Boden gesenkt. Auch unmittelbar nach dem Regen herrscht meist eine wunderbare Klarheit. Die biologische Luftanalyse zeigt jetzt keine Keime an. Bei trockenem, staubigem Wetter hingegen wächst deren Zahl beständig mit der Windstärke und dem Mikrobengehalt des Bodens und seiner Decke. Sonniges Wetter dezimiert denselben ganz bedeutend durch die Kraft der Lichtstrahlen und die hohen Wärmegrade. Im Sommer kann daher der Staub von Aeckern und Straßen oft weniger infektionstüchtig sein als an schneefreien Wintertagen. Brauereien, die mit Kühlschiffen (s. S. 79 u. 136) arbeiten, haben auf die Windrichtung sehr zu achten, sofern die Umgebung verschieden starke Infektionsmassen angehäuft enthält. Auf Kühlschiffen wird man auch bei regnerischem Wetter die Luft untersuchen, um zu ermitteln, wieviel Staub von dem inneren Dach und dem Gebälk losgewirbelt wird. Man wird auch daneben den Staub selbst untersuchen. Alter Staub ist oft ganz unschädlich, weil die Keime bereits abgestorben sind.

Da bei Entnahme einer bestimmten Menge Luft der Zufall zu sehr mitspielt, ob viel oder wenig Keime im Augenblick der Entnahme gegenwärtig sind, ist es geboten, eine möglichst große Luftmenge zu analysieren oder innerhalb kurzer Zeiträume mehrere kleine Proben zu untersuchen. Eine besondere Bedeutung gewinnt die Analyse der Luft für den Nachweis der Keimdichtigkeit etwa aufgestellter großer Luftfilter.

Der Keimgehalt an sich ist noch nicht das Entscheidende für die Infektionsgefahr; es kommt noch sehr darauf an, ob die Keime an Staubpartikelchen haften, die ihrerseits beim Auffliegen auf eine feuchte Fläche dem Keime Nahrung liefern. Für Brauereien spielt der Malzstaub, der Staub von Gerstenputzmaschinen und von Trockentrebern eine große Rolle. Namentlich *Malzstaub* gilt als besonders gefährlich; nicht als ob die Keimzahl so besonders groß wäre, sondern weil das Malzstäubchen auf feuchter Unterlage den Keimen sofort eine massenhafte Vermehrung sichert. Sehr instruktiv wirkt die Aussetzung einer Wijsman'schen Stärkegelatineplatte (s. 22. Kap. d. I. Bds.) in einem Raum, wo vorher Malzstaub in die Luft gekommen ist. Es stellen sich nach einigen Tagen an den verschiedensten Stellen der Platte helle Diffusionsfelder ein, ein Zeichen, daß hier Diastase wirksam geworden, bzw. daß Malzstaub dahin gelangt ist. Wo auch nur ein Keim mit dem Malzstäubchen hingelangt ist, da werden unter Mitwirkung der Feuchtigkeit innerhalb kurzer Zeit tausende derselben Art sein; in Bier oder Würze gelangt, wird um das Malzstäubchen herum die Diastase das Dextrin oder die Maltodextrine weiter abbauen und verzuckern und zu neuer Entwicklung der benachbarten Keime Veranlassung geben.

Der Betriebskontrollor wird also gut tun, den Staub, den er im Betrieb antrifft, auch mikroskopisch zu sichten, ob er Malzteilchen, Malzstärke u. dgl. enthält, und er wird alle Hebel in Bewegung zu setzen haben, solchen Staub vom Kühlschiff fernzuhalten. Gerade in den letzten Jahrzehnten, wo man das Getreide und Malz so staubfrei wie möglich für das Verwiegen herrichten will, ist viel Staub in die Luft gewirbelt worden. Neuerdings allerdings nimmt die Anschaffung von Staubfängern immer mehr zu. Daß die Erkenntnis der Gefährlichkeit des Malzstaubes schon alt ist, geht aus dem zeitweisen Krieg zweier benachbarter Brauereien hervor, die einander dadurch zu schädigen suchten, daß sie günstigen Wind abwarteten und dann von ihm anhaltend Malzstaub auf das Nachbarkühlschiff tragen ließen.

Interessant ist die Erscheinung, daß die Gärungsphysiologen mit Vorliebe ihre ersten Studien mit Luftuntersuchungen begonnen haben. So war es bei HANSEN (1) der Fall, der in ihnen ein Mittel suchte, um den Infektionsquellen nachzuspüren. Das öftere Auffinden von wilden Hefen in der Luft legte ihm den Gedanken nahe, daß einige der allgemeinsten und gefährlichsten Krankheiten des Bieres nicht durch Bakterien sondern durch gewisse Saccharomyceten verursacht werden mögen, welche Idee der Ausgangspunkt seiner späteren erfolgreichen Forschungen war. Zur Methodik sei bemerkt, daß HANSEN die Keime in derselben Weise, wie PASTEUR bereits getan, mittelst Vakuumkolben einfing. In den Kolben wird etwas Würze oder dgl. zum Kochen erhitzt und während des Kochens der enge Hals des Kolbens zugeschmolzen. An Ort und Stelle, wo die Luft untersucht werden soll, wird die Spitze abgebrochen, und nun stürzt die Luft in das Vakuum hinein und mit ihr die Keime. Die Methode hat den Vorteil, daß sie angibt, wieviel verschiedene Arten in einem ungefähr bestimmten Volumen Luft enthalten sind. Ueber die Zahl der Keime gibt sie keinen zuverlässigen Aufschluß, es sei denn über jene Schimmelpilze, die in isolierten flottierenden Kolonien heranwachsen. Bezüglich der Hefen gibt bei ruhigem Stehenlassen der Kolben die Zahl der Hefenflecke (s. Bd. IV, S. 108) Auskunft. Die Methode hat den Nachteil, daß sie zu wenig Luft analysiert.

Als die KOCH'sche Methodik der Gelatineverwendung um sich griff, wurde auch die Gelatine zur Luftuntersuchung benutzt. KOCH nahm einen Standzylinder, senkte auf den Boden desselben ein Schälchen mit Nährgelatine und stellte das Ganze eine Zeitlang der Luft irgend einer Oertlichkeit aus. Diese Methode hat den Vorteil, daß sie wenig Vorbereitungen erfordert, und den Nachteil, daß sie nicht den Keimgehalt abgemessener Luftmengen angibt und daß sie hauptsächlich nur Aerobionten anzeigt, denen die betreffende Nährgelatine zusagt.

LINDNER modifizierte diese KOCH'sche Methode dahin, daß er sterile Standzylinder ohne Nährgelatine aussetzt und erst nachher im Laboratorium die letztere zufügt, sie aber auf der ganzen Innenfläche des Standzylinders erstarren läßt. Indem er sowohl Fleischsaft- als auch Würze-Gelatine verwendet, erhält er in ersterem Fall hauptsächlich die Bakterien und in letzterem die Hefen und Schimmelpilze. Diese Methode hat den Vorteil der leichten Anwendbarkeit selbst bei Revisionsreisen, auf denen so gebrechliche Ware wie Vakuumkolben sehr lästig ist. LINDNER verfolgt hauptsächlich den Zweck, durch die gleichzeitige Aufstellung einer größeren Anzahl von Luftzylindern bei abgepaßter Windrichtung den Nachweis führen zu können, woher die Keime stammen.

Aus dem qualitativ gleichartigen Befund bei quantitativer Verschiedenheit schließt er auf eine gemeinsame Infektionsquelle. Auch brautechnisch bedeutungslose Organismen können so Wegweiser zu den Infektionsquellen werden. Diese Methode ist wegen ihrer leichten Ausführbarkeit häufig genug von Praktikern angewendet worden. Sie hat ihnen die mikroskopische Welt der Luft makroskopisch erschlossen; an ihr konnten sie bequem die häufigsten Organismen studieren. Mit einem Wort, sie hat erzieherisch gewirkt.

Einen neuen Vorschlag machte dann HANSEN (2), indem er wie MIQUEL (1) die Luft durch Wasser leitet und darin die Keime auffängt. Die Luftanalyse wird zur Wasseranalyse. Wie diese auszuführen ist, wird in dem von der biologischen Analyse des Brauwassers handelnden Paragraphen vorliegenden Kapitels beschrieben werden. Bei der Methode

von HESSE (1) wird eine abzumessende Luftmenge durch eine lange, innen mit Nährgelatine ausgekleidete Röhre gesaugt. PETRI (1) saugt die Luft durch kleine Sandfilter an und schüttet dann den Sand in eine Nährgelatine aus, die zur Platte gegossen wird.

Für die Untersuchung großer Luftmengen verwendete LINDNER (8) bei der Prüfung des MÖLLER'schen **Luft-Filters** einen Dampfstrahl als Dephlegmator für die Keime. Mit dem in der Luftleitung vorhandenen Druck strömt die Luft durch einen breiten Schlauch in die 75 l fassende Trommel des LINDNER'schen kleinen Reinzuchtapparates. Der Dampf wird durch eine dünne Glasspitze, welche durch den Schlauch geführt ist, in den Luftstrom eingeführt. Der Dampfstrahl ist so dünn, daß ein Verbrühen der Keime in dem schnell vorbeistreichenden Luftstrom ausgeschlossen ist. Die Wasserdämpfe kondensieren sich in der Trommel, die außen mit Eisstücken belegt ist. Das Kondenswasser wird später auf den Keimgehalt untersucht. Das MÖLLER'sche Luftfilter war zur Zeit der Versuchsanstellung schon ein halbes Jahr fast ununterbrochen (mit Ausnahme der Nachtzeiten) im Gang gewesen, mit einer stündlichen Leistung von 1000 cbm. Zur Analyse kamen jedesmal 5—6000 l; diese Menge wurde aus dem Querschnitt des Ausflußstutzens und der (mittelst Anemometer gemessenen) Geschwindigkeit berechnet. Es ergaben sich auf 1000 l Luft im Dezember 2, im Januar 20, im Februar 10, im März 100, im April 2 Keime. Unter den durchgegangenen Keimen fanden sich solche kleinster Dimensionen, z. B. auch Sarcinen. Neuerdings ist das MÖLLER'sche Filter aber noch dadurch verbessert worden, daß die Luft vor dem Filter gekühlt und getrocknet wird.

Man nimmt als **Keimgehalt der atmosphärischen Luft** durchschnittlich 5 Keime pro Liter an. HANSEN (3) fand in der Luft des Gärkellers von Alt-Carlsberg im Durchschnitt erst in 1591 ccm einen Keim. Der betreffende Gärkeller wurde mittelst einer Eismaschine mit kalter Luft versehen und diese außerdem noch einer besonderen Reinigung in einem mit Chlornatrium gesättigten Regenbade unterworfen.

Ergebnis einer Luftuntersuchung mittelst der LINDNER'schen (8) Luftzylinder in einer Brauerei Schlesiens. Mai 1888. Eine Stunde lang ausgesetzt, dann mit Fleischsaftgelatine beschickt:

	Pediokokken	Schimmelpilze	Torula	
Straße mit viel Viehverkehr	40	20	40	
Garten in einiger Entfernung davon	20	10	20	
Brauhof nach d. Besprengen m. Wasser	1	5	3	1 Stäbchenbakterie
Kühlschiff	6	10	1	2 „
Stall	sehr viel	11	—	—
Gärkeller	—	1	sehr viel	—
Lagerkeller	1	12	einige	2 Paketsarcinen, 1 *Bact. megaterium*
Taubenschlag (ca. 10—20000 Kolonien)	sehr viel	wenig	sehr viel	Bakterien.

Schließlich sei noch auf die ausgedehnten Untersuchungen von SAITO (1) hingewiesen, der von verschiedenen Oertlichkeiten in jedem Monat je eine Analyse der Schimmelpilzkeime ausführte. Die Arbeit ist mit sehr vielen Zeichnungen von Schimmelpilzen erschienen und deshalb noch besonders wertvoll.

SCHIFFERER (1) und LUFF bedienen sich ebenso wie SAITO der Petrischalen zum Auffangen der Luftkeime; SAITO benutzt Soja-Gelatine, deren Herstellung MIYOSHI (1) angegeben hat. Die Bestandteile sind: 5 ccm Soja, 10 ccm konz. Zwiebeldekokt, 5 g Rohrzucker, 85 ccm Leitungswasser, 7—15 Proz. Gelatine.

G. Luff (1) machte auf Grund der durch E. de Fine-Bunkeflod angestellten Untersuchungen folgende Angaben über die Menge der in der Gärkellerluft eingefangenen Keime. Auf eine oberhalb des Gärbottichs befestigte Petrischale von 63,6 qcm Fläche fielen innerhalb 12 Stunden auf Würzegelatine entwicklungsfähige Keime von 5

Schimmelpilzen	Hefen und Bakterien	
103 (115)	842 (188)	am 30. Mai
123 (144)	288 (216)	„ 31. Mai
288 (289)	297 (243)	„ 1. Juni
216 (236)	1339 (105)	„ 2. Juni.

Die eingeklammerten Zahlen geben die nachts eingefangenen Keime an. Zum Vergleich waren noch neben den Petrischalen mit Würzegelatine solche mit einer Wasserschicht ausgestellt. In diese wurde erst nach dem Ausstellen Würzegelatine zugegeben. Die Befunde waren ähnliche. Auch das Tropfen von der Decke war bei diesen Unter- 10 suchungen mit in Betracht gezogen. Luff rechnet aus, daß auf 1 ccm gärender Würze im Bottich nicht mehr wie 1,8—2 Keime aus der Luft kommen und schließt, daß gegenüber den 10—20 Millionen Hefenzellen, die sich nach den Zählungen Schönfeld's darin unter normalen Verhältnissen befinden, die Gefahr eine durchaus geringe sei. 15 Luff hat bei der Rechnung außer acht gelassen, daß die am ersten Tage in die Gärung fallenden Keime ja innerhalb der Gärdauer in den Kräusen reichlich Gelegenheit haben, sich zu vermehren. Ob sie das tun, hängt natürlich von der Art der Keime ab.

§ 39. Gerste, Malz und Hopfen als Träger von Infektionskeimen. 20

Bei dem Mikrobenreichtum des Ackerbodens bleibt es nicht aus, daß die Pflanzen darauf an trocknen, windigen Tagen mit dem Staub des Ackers auch dessen Mikroben reichlich angeweht erhalten. Außerdem findet nach Burri (1) auf den Oberflächen der lebenden Pflanzenteile an und für sich eine reiche Bakterienentwicklung statt. Die Zeit der Blüte 25 bei der Gerste ist mit einer Invasion verschiedenster Keime in das Innere der Blüte verknüpft. Die Spelzen sind etwas auseinander geklappt, um die Staubbeutel und die Narbe herauszulassen. Auf letzterer sowie auf den behaarten Schüppchen, die zu der Zeit sehr saftig und zuckerreich sind, siedeln sich neben dem eingefangenen Pollen die fremden 30 Keime an und wuchern dort, je nach den Witterungsverhältnissen, mehr oder weniger üppig. Lindner und auch Chrzączsz (1) haben solche Schüppchenvegetationen beschrieben und abgebildet. Es finden sich darunter die verschiedensten Schimmelpilze, Brandpilzsporen, *Cladosporium*, *Dematium* usw., ferner Hefen und Bakterien. Dieses Vorhandensein von 35 Keimen unter der Spelze macht eine Entfernung derselben auf mechanischem Wege mit Hilfe der Gerstenputzmaschinen einfach unmöglich. Man muß schon mit alkoholischem Sublimat und anderen energischen Desinfektionsmitteln vorgehen, wenn man diese Keime vernichten will. Dabei kann aber leicht der Keimling selbst zugrunde gehen. 40

Wenn man eine anscheinend trockne und reife Aehre auf dem Felde vom Halm abschneidet und in ein steriles Reagensglas steckt, dann bilden sich, sofern man dies mit einem Wattepfropf verschlossen hält, auf Grannen und Spelzen schleimige Massen oder Schimmelpilzbeläge, und zwar so reichlich, daß man im mikroskopischen Präparat sich kaum 45

durchfindet. Anhaltend feuchtes Wetter vor der Ernte schafft bakterienreiches Getreide; noch mehr das Lagern feuchten Getreides. Der Bakterienschleim, ebenso der Schleim, welchen die Zellen des *Dematium pullulans* ausscheiden, verstopfen die Poren des Kornes und verzögern oder hindern dann dadurch gerade die Keimung.

Die **Zahl der Keime der Gerste** ist natürlich sehr wechselnd. Hoffmann (1) fand auf 0,1 g Gerste aus der Umgegend Berlins 403200 Keime, die auf Fleischsaftagar zur Entwicklung kamen. Eine tadellos gesunde Gerste gab noch 20000 Keime. Dieselbe Gerste, in einer Blechbüchse verwahrt, gab 3 Monate später nur noch 112 Keime. Der Keimgehalt steigt ins Ungeheure bei zerquetschten Körnern. Manche rotgefärbte Körner sind zufolge H. Will (6) von einem Belag roter Hefe ganz eingehüllt. Zerquetschtes Grünmalz, etwas zusammengeknetet, gibt zufolge Lindner (1) eine enorme Hefenentwicklung, und zwar fast ausschließlich von *Anomalus*-Arten. Die ganze Masse riecht intensiv nach Fruchtäthern. Eine günstige Ansiedelungsstätte für Hefen und Bakterien ist die Wurzelhaube; in ihrem Schleim findet man ganze Kolonien von Torulen usw. Es ist klar, daß das Weichwasser und der Tennenbelag außerordentlich keimreich sein müssen. Wo die Weiche nicht gut ausgesäubert oder die Tenne nicht gut gescheuert und desinfiziert wird, kann sich eine Infektion in großem Maßstabe ergeben.

Beim Darrprozeß geht ein großer Teil der Keime zugrunde, aber nicht alle, denn der Malzstaub ist ja, wie wir schon gehört haben, sehr infektionstüchtig. Zahlen über den Keimgehalt verschieden hoch abgedarrter Malze fehlen. Je höher die Abdarrtemperatur und je länger sie gewirkt hat, desto weniger Keime werden lebend geblieben sein. Ausschlaggebend ist aber vor allem der Feuchtigkeitsgehalt, mit dem die Keime auf die untere Horde kommen. Je feuchter die Keime, desto mehr sind sie durch höhere Temperatur gefährdet; vgl. Bd. I, S. 447.

Bei der Lagerung des Getreides ist das Schwitzen desselben eine öfter auftretende Erscheinung. Nach Hoffmann kommt die Wärmeentwicklung im Innern des feuchten Korns infolge intensiverer Atmung als Ursache in Betracht; das Wasser aus der Mitte des Korns verdichtet sich in den peripheren Geweben. Oder aber er erklärt sich das Schwitzen aus der Berührung stark abgekühlter Haufen mit warmer feuchter Luft. Das Schwitzen des Getreides wird auch eine Vermehrung der Mikroben zur Folge haben. Nähere Angaben darüber sind im 24. Kapitel des I. Bandes zu finden.

Eigenartige Verhältnisse werden durch den Befall lagernden Getreides oder Malzes durch tierische Schmarotzer (Kornkäfer, Kornmotte u. a.) geschaffen. Die Exkremente dieser Tiere bilden infolge ammoniakalischer Zersetzungsprodukte einen günstigen Entwicklungsboden für gewisse Pilze (*Aspergillus albus*) und Bakterien. Ein Malz, welches aus der Luft etwas größere Mengen von Feuchtigkeit angezogen hat und in geschlossenen Behältern aufbewahrt wird, kann einen ähnlichen weißen Anflug bekommen, wie wir ihn auf der Oberfläche von Dauerwurst oder auf der roten Kruste von Eidamer Käse usw. bemerken. Gewöhnlich handelt es sich hier um *Torula*- oder um *Sarcina*-Arten.

Für das Studium der Keime des Getreides hat Hoffmann die Lindner'sche Tropfenkultur in Verbindung mit der Plattenkultur verwertet. Nachdem in die untere Petrischale die Gelatine ausgegossen worden ist, wird der im Reagensglas verbliebene Rest in Tropfenform auf der oberen Schale verteilt. Hier werden eine Anzahl Tropfen frei

von gelatineverflüssigenden Bakterien sein. HOFFMANN geht auch noch in folgender anderer Weise vor: Sechs Reagensgläschen mit je 5—10 ccm sterilem Wasser werden bereit gehalten. Nr. 1 wird mit einigen Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit beschickt und gut geschüttelt. Einige Tropfen davon werden in das zweite Gläschen gegeben und damit ebenso verfahren. Dies geht so bis zum sechsten Gläschen, welches die größte Verdünnung aufweist. Alle sechs Gläschen werden nun gänzlich ausgegossen. Jetzt wird ein Gelatineröhrchen mit Fleischsaftgelatine angewärmt und die flüssig gewordene Gelatine in das sechste Röhrchen gegossen und darin tüchtig geschüttelt. Nachher wird die Gelatine weiter in das fünfte Röhrchen gegossen, darin geschüttelt und so wird in derselben Weise bis zum ersten Röhrchen fortgefahren. In diesem oder einem folgenden Röhrchen kann man die Gelatine erstarren lassen, um die Entwicklung von Gasblasen, Kolonienbildung usw. zu beobachten. Handelt es sich um eine Zählung der Keime, dann wird zuletzt eine Platte gegossen und sämtliche beobachteten Kolonien gezählt. Die beim Ausgießen der einzelnen Röhrchen darin verbliebenen Gelatinereste werden bis zur Verwendung zur Tropfenkultur warm und flüssig erhalten. HOFFMANN bekam so mit einem einzigen Gelatineröhrchen Tropfenkulturen mit sechs verschiedenen Verdünnungen. Zur Anlage der Kulturen waren drei Petrischalen nötig; jede Schalenhälfte bekam die in je einem Röhrchen zurückgebliebene Gelatine in Tropfenform aufgetragen. Die Tropfen erstarren sehr bald, und es wachsen allmählich die Kolonien heran. In einer oder in mehreren der sechs Kulturen wird eine solche Verdünnung erreicht sein, daß die Kolonien zumeist einzeln in den Tropfen auftreten. So kann sich die Beobachtung auf längere Zeit erstrecken, ohne daß verflüssigende Bakterien sich störend geltend machen. Die Ausgangsflüssigkeit für seine Keimgehaltsbestimmungen bei den verschiedenen Getreidesorten hatte HOFFMANN erhalten, indem er je 7,5 g Getreide mit 300 ccm Wasser eine halbe Stunde unter häufigem Schütteln stehen ließ und dann einen Tropfen (= 0,04 ccm) des Waschwassers für die Plattenkultur verwendete. Für die am schnellsten über Art und ungefähre Zahl der auf dem Getreide sitzenden Mikroben Aufschluß gebende Methode halte ich die Adhäsionskultur. Das aufs feinste gemahlene Getreide wird in bestimmtem Verhältnis mit sterilem Wasser gemischt; mit einem Tropfen der nicht zu dünnen aber auch nicht zu dicken Emulsion wird die Fläche eines Deckgläschens bestrichen.

Die Bedeutung der **Mikroben des Malzes** für den Brauprozeß als solchen ist eine ganz geringe, da ja das Sudhaus für sie das Grab ist. Nur die mit dem Malzstaub auf das Kühlschiff usw. gelangenden Keime können Gefahren heraufbeschwören. Weiter wäre noch die in den Brauereibetrieben lange bekannte Methode des Zugebens von Malzschrot oder Malzauszug zu schlecht vergärenden Würzen im Gärbottich oder zu kleistertrüben Bieren auf dem Lagerkeller hier in Betracht zu ziehen (vgl. S. 150). Erfahrungsgemäß haben sich bei diesen Manipulationen keine besonderen Infektionen gezeigt. Der Sprung in gärendes oder fast vergorenes Bier ist eben für lange Zeit in ausgetrocknetem Zustand verbliebene Mikroben ein zu großer, als daß sie ihn unbeschadet vertragen könnten. Anders werden sich die Keime verhalten, die mit dem Malzstaub auf feuchte Oberflächen verschlagen werden. Hier werden sie zu neuem Leben und zu kräftiger Vermehrung kommen. Eine üble Sitte ist es z. B., die Wasserreserven auf Malzböden unterzubringen, womöglich dicht neben Schrotmühlen, und nicht für einen dichten Ver-

schlag zu sorgen. Man sieht oft eine dicke Staubdecke auf dem Wasser schwimmen. Verfasser hat darin Sarcina- und Hefenentwicklungen beobachtet. Solche Reserven müssen häufig gereinigt werden, wenn sich nicht ein fauliger Bodensatz bilden soll, der dem Wasser einen üblen 5 Geruch und Geschmack verleiht.

Wenn auch die in Lösung gebrachten Bestandteile der Hopfendrüsen eine bedeutende antiseptische Kraft haben, so können sie auf der Pflanze selbst dieselbe gar nicht betätigen. Wie die Hopfenblätter oft reich an Blattläusen und Milbenspinnen sind, so finden sich auf ihnen 10 auch Schimmelpilze, Hefen und Bakterien ein, nicht zum wenigsten infolge der Ausspritzung von Zucker durch die Blattläuse. Je nach der Witterung des Jahres und je nach den sonstigen Verhältnissen wechselt natürlich der **Keimgehalt des Hopfens.** Zufolge BEHRENS (1) enthielt 1 g Hopfen aus der Anlage der landwirtschaftlich-botanischen Versuchs- 15 anstalt in Karlsruhe in ungeschwefeltem Zustande 13.6 Millionen Keime, darunter 0.4 Millionen Schimmelpilze; derselbe geschwefelt 8 Millionen Keime, davon 0.1 Millionen Schimmelpilze. Russischer Hopfen geschwefelt 0.14 Millionen Keime, davon 0.023 Millionen Schimmelpilze. Californier Hopfen geschwefelt 0.0035 Millionen Keime, darunter keine Schimmel- 20 pilze. Beim Lagern in trocknem Zustande nimmt der Keimgehalt des Hopfens allmählich ab. So hatte der ersterwähnte Hopfen nach sechsmonatlichem Verweilen im Zimmer nur noch ein Viertel der Keime lebend. Der Keimgehalt des Hopfens hat mit seiner Bewertung nicht viel zu tun; nur bei feuchter Lagerung wird der keimreiche Hopfen 25 eher verderben. Hopfen mit mehr als 8—10 Proz. Wasser ist gefährdet, indem er leicht der Selbsterhitzung (s. 24. Kap. d. I. Bds.) anheimfällt. In einzelnen Hopfenernten fand BEHRENS Hefen reichlicher vor und konnte so ähnliche Angaben von BROWN und MORRIS bestätigen. Besonders reichlich und fast ausschließlich vermehrten sich die Hefen jener 30 Hopfen, wenn diese in feuchtem Zustande bei Sauerstoffabschluß (s. Bd. IV, S. 121) gehalten wurden. Auch Schimmelpilze können dem Hopfen außerordentlich schaden, und ist es namentlich der Pinselschimmel (*Penicillium glaucum*), der sich da öfters breit macht und den Hopfen im Geruch bedeutend verschlechtert. Der mikroskopische Befund bei 35 Hopfenuntersuchungen wird nach dem Gesagten ganz gute Aufschlüsse auch über die voraufgegangene Behandlung geben können. Auch den Hopfenmikroben wird im Sudhaus ein Ende bereitet. Nur da, wo das Hopfenstopfen in die Lagerfässer (s. S. 150) üblich ist, könnte noch eine Infektion sich geltend machen, z. B. bei hefenreichem Hopfen. Der Ge- 40 halt der Hopfendolden an diastatischen Enzymen wird hier ebenfalls fördernd auf die weitere Vermehrung der wilden Hefen wirken, während die Bakterienentwicklung durch die in Lösung gehenden Hopfenbestandteile gelähmt wird.

§ 40. Die Hefe als Infektionsträger und die biologische 45 Hefenanalyse.

So gut sich unsere Bierhefe im Stadium der lebhaften Gärung gegen alle fremden Keime zu wehren versteht, so machtlos ist sie, wo ihr der Zucker fehlt (s. Bd. I, S. 330). So lange sie noch einen genügenden Vorrat von Glycogen in ihrem Zellinnern besitzt, steht es auch noch 50 nicht schlimm, denn dieses kann sie jederzeit wieder in Glucose um-

wandeln und zur Selbstgärung benutzen (s. Bd. IV, S. 97). Ist aber auch dieser Vorrat erschöpft, dann machen sich die peptischen Enzyme an die Arbeit und suchen das aufgestapelte Eiweiß zur Lösung zu bringen. Die Stoffwechselprodukte bei dieser Selbstverdauung diffundieren nach außen hin und kommen da allen fremden Keimen mehr oder weniger zugute. Oft sieht man an noch gesunden Hefenzellen schon die Zellhaut mit Bakterien vollgespickt („verlauste Hefe"). Der sogen. Hefentanz beruht auch auf dem Angriff der Bakterien auf die Hefenzelle. Bewegliche Bakterien spießen sich mit dem einen Ende in der Zellhaut fest, während sie mit den Geißelfäden am anderen Ende zu peitschen beginnen. Daher wurde die Hefe früher zu den Tieren gerechnet und von DESMAZIÈRES (1) als *Animalcula monadina* bezeichnet. Bei dem Beginn der Selbstverdauung (s. 20. Kap. d. IV. Bds.) findet schon ein massenhaftes Absterben der Hefenzellen statt.

Für das Verderben der gewässerten oder gepreßten Hefen (s. S. 107) kommen in erster Linie gerade diejenigen Bakterien in Betracht, die während der Gärung selbst durch die Hefe vollständig aus dem Felde geschlagen werden, also die Fäulnisbakterien, die vorwiegend mit dem Waschwasser in die Gefäße, Hefenwannen u. dgl. gelangen. Diejenigen Keime, welche die Gärung zu überdauern imstande waren, gehören nicht zu diesen Fäulnisbakterien. Ihre Gegenwart verrät sich durch nichts in einer vorgelegten Hefenprobe, weder durch den Geruch noch durch den Geschmack noch durch Verfärbung der Hefe. Nur das Mikroskop kann sie aufdecken. Gerade der Nachweis von Sarcinen und Milchsäurebakterien in anscheinend ganz gesunden Hefen hat gelehrt, daß der Praktiker sich nicht auf den Augenschein, Geruch und Geschmack allein verlassen darf. Das Mikroskop ist eben für die Hefenbewertung unerläßlich; ja es kann sogar uns dazu ermutigen, eine schon schlecht und faulig riechende Hefe im Notfall doch noch zu verwenden, sofern sie nur frei von jenen Bakterien ist, die Bierschädigungen und Bierkrankheiten hervorrufen können. Wir wissen von vornherein, daß die durch das zunächst anzuwendende Wässern nicht wegzubringenden Fäulnisbakterien während der ersten beiden Tage in der gärenden Würze unfehlbar zugrunde gehen; vergl. darüber § 47.

Aber nicht um Bakterienbeimengungen allein handelt es sich. Auch wilde Hefen und Schimmelpilze können sich auf der Hefe leicht einnisten, welche die Selbstverdauungsprodukte der Hefe am energischsten zu assimilieren vermögen. So ist vor allen die Kahmhefe (*Mycoderma*) auf gepreßter Kulturhefe zu sehr üppiger Entwicklung zu bringen. Wenn man gepreßte kahmhaltige Hefe in eine Petrischale knetet und darin einige Tage zugedeckt beläßt, wie es HENNEBERG vorgeschlagen hat, dann erscheinen bald weiße Pusteln, Kolonien von Kahmhefen. Wie LINDNER (7) gezeigt hat, vermag gerade die Kahmhefe fast alle Stoffwechselprodukte der Kulturhefe, wie Leucin, Tyrosin, Arginin, Lysin, Asparaginsäure, Asparagin, Adenin, Cholin, Thymin, Hypoxanthin und Uracil, zu assimilieren. Aehnliches Assimilationsvermögen wie die Kahmhefe hat z. B. auch das *Oidium lactis*, das ja auch ebenso häufig wie Kahmhefe sich auf der Oberfläche gepreßter Hefe (s. S. 107) und überhaupt an allen Stellen anzusiedeln pflegt, wo Hefe vorkommt, so an Hefenpressen, Lagerfaßspunden und an den Pforten der Lagerfässer. Auch die wilden Hefen vermögen die Stoffwechselprodukte der Kulturhefen für sich zu verwerten, wie es ja die überlebenden Zellen dieser letzteren selbst tun, wenngleich bei ihnen der Prozeß viel langsamer

und nicht so auffällig verläuft, da sie zu große Zellen bilden müssen, die mehr Zeit zum Aufbau bedürfen. Ueberdies hat der Verfasser gefunden, daß untergärige Hefe von den oben erwähnten Stoffwechselprodukten der Bierhefe selbst wieder nur Tyrosin, Arginin, Lysin,
5 Asparaginsäure, Asparagin und Adenin verarbeiten konnte.

Der Verfasser hat eine kräftige Kolonienbildung von wilder Hefe in Adhäsionskulturen, zu denen eingetrocknete Bierhefe, mit etwas Wasser angerührt, verwendet wurde, öfter beobachtet und darauf eine Methode zum Nachweis der wilden Hefe in Bierhefe gegründet.
10 Diese Methode stützt sich auf die Tatsache, daß beim Eintrocknen von Kulturhefe nur einige Prozent Zellen lebend bleiben, während die wilde Hefe nur wenig geschädigt wird. Für die Kolonienbildung der wilden Hefe wirkt die Selbstverdauung der schon abgestorbenen Kulturhefenzellen fördernd. Auch in abgepreßter Hefe, sowie in Hefe, die unter
15 Wasser gelagert wird, kann sich wilde Hefe auf Kosten der normalen vermehren. Bergsten (1) hat diese von Lindner (5) zuerst angeregte Vortrocknungsmethode nach der Richtung hin ausgearbeitet, daß er die Hefe geradezu mit trockenem Chlorcalcium vermischt und so eine schnelle Wasserentziehung veranlaßt, die auf die Kulturhefe besonders schädigend
20 wirkt. Das seit langem geübte Verfahren, Hefe in dickflüssigen Tropfen auf Filtrierpapier eintrocknen zu lassen und so an die Versuchsstationen zur Untersuchung zu senden (s. Bd. IV, S. 108), bereitet nach dem Gesagten die Probe für den Nachweis der wilden Hefe in zweckmäßiger Weise vor.

25 Andere Methoden zum Nachweis der wilden Hefen stützen sich darauf, daß die wilde Hefe sehr leicht und sehr schnell Sporen bildet, die Kulturhefe dagegen nur langsam und in einem ganz geringen Prozentsatz. Hansen hat durch seine Arbeiten über die Sporenbildung seiner bekannten Hefen die Zeitpunkte des Beginns der Sporulation für
30 verschiedene Temperaturen bestimmt und so den Grund zur biologischen Analyse der Hefe mittelst der **Sporenkultur** gelegt (s. Bd. IV, S. 30). Diese ist dann insbesondere durch J. Chr. Holm und S. V. Poulsen (1) weiter entwickelt worden, indem sie zeigten, daß durch Parallelproben auf dem Gipsblock sowohl bei 15° als bei 25° C auf jeden Fall die Ent-
35 scheidung zu treffen ist, ob der Kulturhefe wilde sporenbildende Hefe beigemengt sei. Die untergärige Bierhefe bildet bei 15° ihre Sporen nicht vor 70 Stunden, bei 25° nicht vor 40 Stunden, während die wilden Hefen unter gleichen Bedingungen damit schon längst begonnen haben. Daß der Prozentsatz der sporenbildenden Kulturhefen sehr gering, der
40 der wilden im allgemeinen dagegen ziemlich bedeutend ausfällt, ist ein besonders günstiger Umstand für die Analyse. Die Sporenkultur versagt nur da, wo es sich nicht um sporenbildende Hefen handelt, oder wo der Prozentsatz der Verunreinigung mit wilden sporenbildenden Hefen sehr gering ist. Holm und Poulsen haben noch 0,5 Proz. wilde
45 Hefe in Kulturhefe nachweisen können. Sie verfuhren so, daß sie die Hefe innerhalb 24 Stunden bei 25° C in Würze auffrischten, die Bodensätze in dünner Schicht auf feuchte Gipsblöcke (s. Bd. IV, S. 27) verstrichen und diese bei 25° und 15° stehen ließen. Nach 40 bzw. 72 Stunden wurde der Befund aufgenommen. Am leichtesten wird man nach Hansen
50 der wilden Hefe habhaft, wenn man die Hefenprobe in Würze einsät und am Ende der Hauptgärung die oberste Bierschicht abhebt, um eine frische Würze zu beimpfen. Mit der hier sich bildenden Bodensatzhefe wird eine Gipsblockkultur angelegt. Bei obergäriger Hefe, die zumeist

sehr leicht und schnell zur Sporenbildung zu bringen ist, ist die Temperatur für die Gipsblockkultur nach JÖRGENSEN (1) unter Umständen auf 12° C zu erniedrigen.

Die wilden Hefen, die aus der freien Natur sich in die Brauerei und in die Gärungsflüssigkeit Eingang zu verschaffen gewußt haben, finden in den kalten Temperaturen der Gär- und Lagerkeller ein günstiges Moment zur Anreicherung gegenüber der Kulturhefe vor. Eine Nutzanwendung dieses Verhaltens für analytische Zwecke ist noch nicht gemacht worden, liegt aber ebenso nahe wie die Anwendung möglichst hoher Temperaturen, die die wilde Hefe ebenfalls besser zu vertragen vermag als die normale Hefe. Der Verfasser beobachtete auf dem Boden eines durch längere Zeit leer gestandenen Bottichs eines kalten Gärkellers einen weißen Belag, der sich fast ausschließlich aus wilder Hefe zusammensetzte: In fast jeder Zelle hatten sich trotz der niederen Temperatur Sporen gebildet. Die wilde Hefe ist genügsam in bezug auf Nahrung. Ihre Zellen sind klein; mit wenig Würze kann eine verhältnismäßig große Zahl Zellen erzeugt werden. Daher die Gefahr der Infektion in Bottichen, deren Wände ungenügend gewaschen und nicht völlig von Würze oder Bier befreit worden sind.

Wie DELBRÜCK und MUNSCHE gezeigt haben, bietet eine niedere Anstelltemperatur der Weiterausbreitung wilder Hefen eine günstige Gelegenheit, während Gärungen mit höheren Anstelltemperaturen (5—6° und darüber) auffallend frei von wilder Hefe bleiben. Es dürfen allerdings aus den Gefäßwandungen keine Zufuhren von wilder Hefe stattfinden, sonst kommt sie am Ende der Hauptgärung doch auf. Da die wilden Hefen am Schluß der Gärung in den oberen Schichten sich anhäufen, bleiben sie auch beim Ablassen des Bottiches zahlreich an der Wand kleben. Ja, wo sich Bierstein gebildet hat, findet man nicht selten wilde Hefe in diesem eingebettet, und kein Bürsten und Spülen ist imstande, sie daraus zu entfernen.

Die wilde Hefe in der freien Natur findet saure Säfte vor und ist an solche gewöhnt. Die untergärige Bierhefe vermag sich mit den Fruchtsäuren (s. Bd. IV, S. 137) weniger gut zu vertragen, wenigstens nicht bei einer Konkurrenz mit der wilden Hefe. In sauren Lösungen wird von beiden die wilde die Oberhand gewinnen. In der **Weinsäuremethode** findet dieses Verhalten eine Nutzanwendung für die biologische Analyse der Hefe. HANSEN hat sie in der Weise ausgebildet, daß er die Hefe in eine 10-proz., mit 4 Proz. Weinsäure versetzte Rohrzuckerlösung bringt und die Kultur bei Zimmertemperatur stehen läßt. Nachdem nach je 24 Stunden diese Kultur viermal erneuert wurde (bei 25° C genügt eine zweimalige Erneuerung), bringt man die Hefe in ein Würzefläschchen und verfährt dann wie bei der gewöhnlichen Sporenkultur. Nach WILL's (3) Erfahrung erscheint die Behandlung der Hefen mit jener Weinsäurelösung selbst zum Nachweis geringster Mengen wilder Hefe, *Torula*, *Mycoderma* sowie verschiedener Fadenpilze, wie *Oidium*, *Mucor*, *Dematium*, so sicher, daß er die Kontrolle der Reinhefen in den Reinzuchtapparaten ausschließlich mittelst der Weinsäurebehandlung ausführt. Erfahrungsgemäß entwickelt sich die wilde Hefe in schwach vergorenem Bier auffallend schnell, namentlich bei wärmerer Temperatur, während die Kulturhefe hier gänzlich im Hintertreffen bleibt. Verlust an Kohlensäure und Aufnahme von Luft machen das Bier besonders hinfällig für Hefentrübung durch die wilde Hefe. Auf Grund dieser Erfahrung dürfte sich auch die Anwendung eines nicht zu stark vergorenen sterili-

sierten oder besser nur pasteurisierten Bieres besser als Würze eignen, um in einem eingesäten Hefengemisch mit einer Spur wilder Hefe ein verstärktes Wachstum der letzteren gegenüber der Kulturhefe herbeizuführen und so für den Nachweis durch die Sporenkultur besser erreich-
5 bar zu machen. Vielleicht auch wird durch Darbietung bestimmter Stickstoffnahrung eine einseitige Vermehrung der wilden Hefe zu erzielen sein, ähnlich wie durch Darbietung von Ammoniumsalzen für die Kahmhefe besonders günstige Bedingungen bei einer Konkurrenz mit anderen Hefen geschaffen werden (s. Bd. IV, S. 100). Die Sporenkulturmethode
10 wird von Törnell (1) direkt mit der Hefe, die am Ende der Hauptgärung sich aus den oberen Schichten ausschleudern läßt, oder mit der frischen Bodensatzhefe ausgeführt. Dadurch wird zufolge Lindner (8) der Vorteil erzielt, daß man eher ein Resultat erzielt.

Ein ängstliches Einhalten bestimmter Temperaturen, wie die Sporen-
15 analyse dies voraussetzt, braucht dann nicht mehr in Betracht zu kommen, wenn mit asporogenen Kulturrassen gearbeitet wird, wie Hansen vorgeschlagen hat (s. Bd. IV, S. 30). Würde man Sporen überhaupt antreffen, gleichgültig bei welcher Temperatur und nach welcher Zeit, dann wäre eben wilde Hefe vorhanden. Wenn solche asporogene Rassen sich
20 mehr einbürgerten, würde man auch die Sporenkultur öfter anwenden als es heute geschieht, wo nur erst vereinzelte Brauereien sich Thermostaten angeschafft haben, die dazu ja unbedingt nötig sind.

Ein weiteres Moment, das ihre nicht allzu häufige Verwendung erklärt, ist ein psychologisches. Wem die Aufgabe obliegt, jahraus jahr-
25 ein Hefenpräparate zu durchmustern, in denen die Zellen immer das gleiche Aussehen haben und die Auffindung einiger Sporen die einzige Abwechslung bietet, der empfindet die Beschäftigung mit dieser Methode als außerordentlich ermüdend. Zudem ist durch eine Spore, die man in einer Zelle findet, die betreffende Hefe doch noch zu wenig charakte-
30 risiert. Endlich gibt die Methode quantitativ zu wenig befriedigende Aufschlüsse. Von der Möglichkeit, daß auch asporogen gemachte wilde Hefen einmal mit einer Betriebshefe eingeschmuggelt werden können, soll ganz abgesehen werden; in dem Falle würde sie ebenso versagen, wie bei anderen, nicht sporenbildenden Hefen, die gar nicht so selten sind.

35 Die Satzhefe der untergärigen Brauereien ist ein recht mannigfaltiges Gemisch. Abgesehen von der Möglichkeit des Vorkommens mehrerer Arten von Hefen und von Bakterien (Sarcinen usw.: s. d. 8. Kap.) darin, weist sie auch noch verschiedene Beimengungen auf. Die wichtigsten sind: 1. Kalksalze, und zwar hauptsächlich das Oxalat,
40 dessen oktaedrische oder rhomboedrische oder flachtafelige Kristalle beim Mikroskopieren sofort die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Sie sind während der Gärung ausgefallen. Deren Entstehung ist nur zu einem geringen Teile auf den Stoffwechsel der Hefe zurückzuführen; sie finden sich auch in unvergorener Würze und also auch in Würzegelatine und
45 stören daselbst, nebenbei bemerkt, den Anfänger, wenn er eine damit hergestellte Gelatineplatte zwecks Anlegung von Einzell-Kulturen oder Abimpfung darauf herangezüchteter Mikroorganismen unter dem Mikroskope mit der schwachen Vergrößerung (30—100) durchsucht. 2. Ausgeschiedenes Hopfenharz in Gestalt sehr kleiner Kügelchen, die oft zu
50 Haufen vereint sind. Sie geben die Harzreaktion, färben sich also auf Zusatz von (alkohol.) Alkannatinktur schön rot. 3. Die sogen. Glutinkörperchen; das sind feine Bläschen eiweißartiger Natur, welche aus dem Malze stammen und durch die niedrige Temperatur des Gärkellers

aus der Würze ausgefallen sind. H. WILL (8) hat darüber eingehende Untersuchungen angestellt. 4. Dunkelbraune Bröckelchen, welche von den Praktikern meist für Hopfenharzausscheidungen gehalten werden, in Wirklichkeit aber, zufolge H. WILL (9), alle Eiweißreaktionen geben. Besonders die oberste Schicht (s. Bd. IV, S. 121) der im faßreifen Bottich liegenden Satzhefe ist an solchen Ausscheidungen reich und dadurch dunkelfarbig. 5. Schleimstoffe verschiedener Art, welche aus den Hefenzellen ausgestoßen oder herausgelöst worden sind. 6. Reste der Maischmaterialien und des Hopfens, Lupulinkörner, wie auch nicht selten Hopfenblattläuse u. dgl. m.

§ 41. Die Tröpfchenkultur und die Adhäsionskultur.

In kleineren oder mittleren Betrieben, die keine besonderen Laboratoriumseinrichtungen haben, hat LINDNER's **Tröpfchenkultur** (s. Bd. IV, S. 111) einen Ersatz für die Sporenkultur geschaffen. Es bedarf zu ihrer Ausübung weder eines Thermostaten, noch der Gipsblöcke und Glasschalen, sondern nur hohler Objektträger, nebst Deckgläschen, einer Schachtel Vaselin nebst Pinsel und einiger Zeichenfedern. Die Deckgläschen müssen in einem solchen Zustand sein, daß die Würze- oder Biertröpfchen, die mit der Feder aufgetragen werden (*Fig. 13*), daran haften bleiben, ohne in den Rändern auszufließen. Letzteres deutet immer an, daß das Deckgläschen zu sehr entfettet ist.

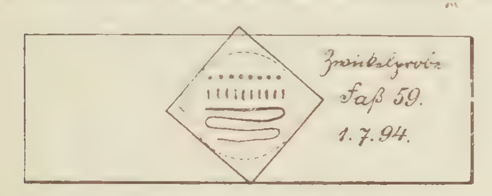


Fig. 13. Tröpfchenkultur nach LINDNER.
Das Bier der Zwickelprobe aus dem Lagerfaß ist mittelst einer Zeichenfeder auf der unteren Seite des Deckgläschens in Form von kleinen Tröpfchen oder Strichen oder einer langen Linie aufgetragen. Gegen das Eintrocknen schützt ein Vaselinring, welcher um die Höhlung gezogen war.

Das entfettete Deckgläschen ist andrerseits wieder erwünscht bei LINDNER's **Adhäsionskultur**, bei der die zu untersuchende Flüssigkeit nicht in Tröpfchenform, sondern als dünner Flüssigkeitsbelag auf die innere Seite des Deckgläschens aufgetragen wird (*Fig. 14*). Die Tröpfchenkultur war ursprünglich lediglich dazu ausgedacht, um das Verhalten gealterter Hefenzellen bei der Auffrischung in Würze fortlaufend zu beobachten und die Zahl der Tochterzellen festzustellen, die eine solche gealterte Zelle nach ihrer Verjüngung noch zu bilden vermag. Zu einer solchen Beobachtung wäre nötig gewesen, daß der Verfasser Tag und Nacht im Laboratorium

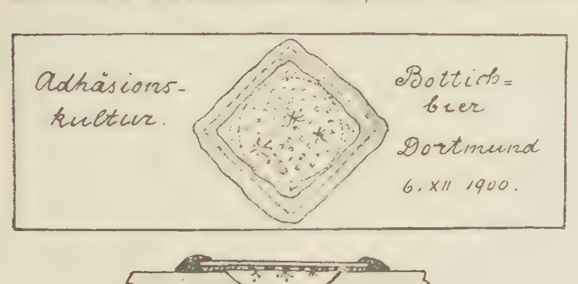


Fig. 14. Adhäsionskultur nach LINDNER.
Das Bottichbier ist auf der völlig fettfreien Unterseite des Deckgläschen in dünner Schicht aufgetragen. Der Rand des letzteren ist alsdann außen durch einen Vaselinring abgedichtet worden. Die untere Figur stellt den Querschnitt dar.

hätte anwesend sein müssen. Aus der Ueberlegung, wie dies zu umgehen sei, entstand die Idee von der Tröpfchenkultur. Die darnach angefertigten Präparate ließen sich bequem transportieren, ohne daß die Entwicklung der Hefe irgendwie gefährdet war. Später erst dachte der Verfasser daran diese Methode auch für die Trennung der Zellen und für die biologische Analyse von Flüssigkeiten zu verwerten.

Beiden Methoden ist eigentümlich, daß Form und Größe der einzelnen Zelle hier weniger den Ausschlag gibt als das Gesamtbild der ganzen Kolonie. Sie arbeiten beide qualitativ und quantitativ, lassen also die verschiedenen Arten und deren Mischungsverhältnis erkennen. Sie geben in kürzester Zeit ein Resultat, dessen Feststellung schon bei schwacher Vergrößerung möglich ist. Die Methoden sind besonders wertvoll für den Unterricht in der mikroskopischen Betriebskontrolle, da sie die Entwicklung der Vegetation in allen Einzelheiten zu verfolgen gestatten und die Präparate nach Wochen und Monaten noch als Belegstücke des Analysenbefundes vorgewiesen werden können. Ueber die Vegetationsbilder, die in diesen Kulturen ihre Entstehung nehmen, belehrt ein Blick in des Verfassers „Atlas der mikroskopischen Grundlagen der Gärungskunde“, der in erster Linie für die biologische Analyse Vergleichsmaterial liefern sollte.

Die Tröpfchenkultur eignet sich insbesondere für die Untersuchung des Bottich- und Lagerfaßbieres, indem hier das Bier, so wie es ist, ohne weiteres in Tröpfchen- oder Strichform auf das Deckgläschen aufgetragen werden kann, ohne vorherige Vermischung mit Würze. Für die Probeentnahme aus Lagerfässern durch sogen. Zwickel bedient sich Will (3) kleiner Vakuumkölbchen, deren Spitze mitten im Bierstrahl abgebrochen wird. In filtriertem Bier ist die Keimzahl gering; soll die Tröpfchenkultur hier in Anwendung kommen, dann sind die Striche so eng wie möglich zu ziehen, um von einer möglichst großen Flüssigkeitsmenge die Analyse zu bekommen. Bei der Hefenuntersuchung ist eine solche Verdünnung zu wählen, daß im Präparat mindestens 10 000 Zellen zur Untersuchung kommen.

Die Adhäsionskultur eignet sich hauptsächlich zur Untersuchung der milchigen Emulsionen, von denen auf S. 156 die Rede war, zur Untersuchung der Hefe auf Gegenwart von Bakterien, zur Untersuchung schleimiger Beläge von Bottich- und Kellerwandungen, zur Feststellung der Vegetation auf Gersten- und Malzkörnern usw. Ob man nur mit sterilem Wasser oder mit Bier oder Würze die Kultur anzulegen hat, ist von Fall zu Fall zu entscheiden. Wo es angängig ist, beläßt man die Keime in ihrem ursprünglichen Nährboden, sofern dessen Nährstoffe noch nicht ganz aufgebraucht sind.

Sowohl bei der Hefenuntersuchung wie bei schleimigen Belägen empfiehlt sich nach Lindner (10) neben der Adhäsionskultur noch die Kultur im sogen. **Vaselineinschlußpräparat.** Die Probe wird hier zwischen flachem Objektträger und Deckgläschen ausgebreitet, mit Würze oder Bier oder Hefenwasser vermischt und dann durch einen Vaselinring um den Rand des Deckgläschens von der Luft abgeschlossen (*Fig. 15*). Hier ist den anaeroben Keimen Gelegenheit zur Entwicklung gegeben. Sofern in dem Präparat keine Gärung einsetzt, bemerkt man ähnliche Kolonienbildungen wie in der Adhäsionskultur.

Das am häufigsten und seit Jahrzehnten bereits angewandte Hilfsmittel zur Hefenuntersuchung ist die Natronlauge. Diese hat die Fähigkeit, den Schleim, durch welchen die Unterhefe sich zu Flocken

zusammenballt, zu lösen und die Zellen voneinander zu trennen; ferner löst sie das beigemengte Hopfenharz und hellt auch die Eiweißgerinnsel auf. Man verfährt bei dieser Methode zweckmäßig wie folgt. Nachdem die Hefe mit Wasser so weit verrührt worden ist, daß man kein zu dichtes Präparat zu 5 erwarten hat, bringt man einen Tropfen der gut durchgeschüttelten Hefenemulsion auf den Ob- 10 jektträger. In einiger Entfernung davon tupft man einen kleinen Tropfen Natronlauge auf. In diesen 15 taucht man eine Ecke des Deckgläschens und verrührt mit dieser den Hefentropfen. Sollten die Flocken noch 20 nicht verschwinden, so schöpft man noch einmal mit der Ecke des Deckgläschens etwas Natronlauge und wiederholt dies so oft, bis eben alle Flocken verschwunden sind. Ist dies der Fall, so ordnen sich sämtliche Zellen in einer Ebene, das Bild sieht jetzt ganz anders, wie gewaschen, aus. Hat man etwa 25 konzentrierte und nicht Normal-Natronlauge verwendet, dann bekommt man weniger hübsche Bilder, weil das Plasma in den Zellen ganz aufgequollen ist und die Vakuolen vollkommen aufgesaugt hat. Das Präparat soll also so ausfallen, daß die Vakuolen tadellos erhalten sind. Weiterhin kann man zweckmäßig so verfahren, daß man mit 30 Filtrierpapier die Flüssigkeit, die über den Rand des Deckgläschens herausgetreten ist, absaugt und nun mit flüssigem Vaselin einen Ring um das Deckgläschen zieht. Jetzt ist eine Bewegung der Flüssigkeit und der Zellen im Präparat nicht mehr möglich und man kann es in aller Ruhe durchmustern, wobei insbesondere auf Bakterien gefahndet 35 werden kann. Es wird sich weiter empfehlen, dieses Präparat aufzubewahren und nach einigen Tagen nachzuschauen, ob etwa die Bakterien zu Kolonien herangewachsen sind.



Fig. 15. Kultur im Vaselineinschlußpräparat nach LINDNER. Nachdem auf dem flachen Objektträger ein dem Deckgläschenrand entsprechender Vaselinwall gezogen worden ist, wird der Kulturtropfen inmitten des Vierecks aufgetragen und durch das aufgelegte Deckgläschen ausgebreitet. Die untere Figur zeigt das Präparat im Querschnitt.

Aehnlich der Untersuchung der Betriebshefe auf Bakterien ist die auf a b g e s t o r b e n e Z e l l e n. Hier wird statt der Natronlauge ein 40 Anilinfarbstoff, z. B. M e t h y l e n b l a u, der wässerigen Hefenemulsion zugefügt, und zwar in solchem Ueberschuß, daß das zwischen den Zellen liegende Wasser noch deutlich blau gefärbt ist. Nur wenn dies der Fall ist, kann man sicher sein, daß alle toten Zellen wirklich Gelegenheit genug gehabt haben, sich blau zu färben. Die lebenden färben sich 45 nicht oder nur spurenweise. Die Gegenwart vieler toter Zellen dürfte für die Haltbarkeit der Hefe nicht besonders vorteilhaft sein. Sehr viel tote Zellen weisen auch darauf hin, daß die Hefe auf dem Versand sich überhitzt hat. Dies ist meist die Folge eines zu starken Krümelns der Hefe und zu langen Stehenlassens der Krümel an der Luft vor dem 50 Verpacken (s. S. 106). Solche Hefe zeigt natürlich eine ganz träge Angärung, wenn sie überhaupt noch gärt.

Eine sehr vorteilhafte Methode zur Untersuchung von Hefe und

hefenhaltigen Flüssigkeiten ist die Koch'sche Plattenkultur, insbesondere in der Abänderung, daß die zu untersuchende Flüssigkeit in einer zweckmäßigen Verdünnung auf der Oberfläche der Gelatineplatte ausgebreitet wird. Um die Verdünnung einigermaßen richtig zu treffen, kann man 5 sich der Zählkammer bedienen. Noch einfacher aber ist die Anwendung von Lindner's (10) **Pinselstrichkultur.** Man schüttet etwas Hefe in steriles Wasser, schüttelt tüchtig und entnimmt daraus mit dem in kochendem Wasser abgebrühten Tuschpinsel eine Probe, die in nicht zu dünnem Streifen auf die Gelatineoberfläche aufgetragen wird. Dicht 10 daneben kommt dann ein Strich von der zweiten Verdünnung, daneben der von der dritten usw. So braucht man für 5—6 Verdünnungen nur eine Gelatineplatte. Die oberflächlich wachsenden Kolonien lassen sich gut unter dem Mikroskop mustern und ergeben auch häufig sehr deutliche Unterschiede, aus denen auf verschiedene Arten geschlossen werden 15 kann. Auch die Bakterien- und Schimmelpilzkolonien heben sich meist gut ab.

Ueber den **Bakteriengehalt** der **Betriebshefe** liegen einige Angaben vor. Lasché (1) fand in amerikanischer untergäriger Bierhefe meist 2—3, manchmal aber bis 50 Bakterien auf je 100 Hefezellen. R. F. Wood-20 Smith (1) fand für englische obergärige Betriebe ein Verhältnis von 1 : 10000 als Durchschnitt; im einzelnen schwankten die Zahlen aber so bedeutend, daß obige Angabe einen sehr problematischen Wert besitzt. Zur Zählung der Bakterien benutzte er die Oberflächenkultur auf Agarplatten. Die Hefen wachsen hier sehr wenig, die Bakterien da-25 gegen verhältnismäßig kräftig. Es muß jedoch hier bemerkt werden, daß nesterbildende Bakterien, wie die *Sarcina* und die Milchsäurebakterien, sehr ungleiche Befunde geben können, je nachdem es gelingt, die Nester zu zerstören, oder nicht. Schönfeld (1) hat gezeigt, daß die Hefe obergäriger Brauereien (s. S. 107) oft an Essigsäurebakterien ziemlich reich 30 ist; dies gilt auch für die Weißbierhefe, die aber unter normalen Verhältnissen lediglich Milchsäurebakterien (s. S. 138) beigemischt enthält.

§ 42. Die biologische Untersuchung der Bierwürze

ist insofern wichtig, als sie über die Sauberkeit der Kühlschiffe, Rohrleitungen und Bottiche guten Aufschluß gibt. Wo man Gelatine zur 35 Verfügung hat, wird eine Plattenkultur bzw. eine Pinselstrichkultur sehr zu empfehlen sein; 0,5 bzw. 1 ccm der Würze wird auf der Gelatineoberfläche verteilt. Die Kolonien wachsen an der Luft meist kräftig heran und lassen die Unterschiede besser erkennen als die bei Mischkulturen im Innern der Gelatine herangewachsenen Kolonien.

40 Sehr einfach gestaltet sich die Analyse mittelst der von Lindner (11) angegebenen **Tropfenkultur,** welche nicht mit der auf S. 171 erwähnten Tröpfchenkultur verwechselt werden darf. Es wird mit einer ausgedämpften oder sonstwie steril gemachten Pipette 1 ccm Würze in Tropfenform auf der inneren Fläche einer Petrischale aufgetragen und die letztere 45 darauf durch ein Gummiband luftdicht verschlossen. Die Vegetationen entwickeln sich sehr schnell; es bilden sich Hefenflecke, die sich zählen lassen, und ebenso Bakterienanhäufungen, die bald als Kolonien erscheinen, bald den ganzen Tropfen gleichmäßig verschleiern.

Schönfeld (3) hat die auf S. 156 erwähnte Glasplatte mit Vertiefungen 50 zur Würzeuntersuchung empfohlen. In jede Vertiefung werden ca. 0,5 ccm

Würze gegeben. Diese Methode ist für sehr saubere Betriebe durchaus zu empfehlen. Es ist ein außerordentlich günstiger Befund, wenn nur in einzelnen Vertiefungen eine Vegetation aufkommt.

Besonders wichtig ist die Untersuchung der Würze kurz vor Zugabe der Hefe, da man hier die Infektion durch Leitungen usw. gut bemessen kann. Die wilden Hefen sind in den Hefenflecken durch ihre staubige Verteilung, die Kulturhefen an ihrer Flockenbildung fast durchgehends gut zu erkennen. Es empfiehlt sich, die in einer Würze vorgefundenen Hefen zu isolieren und Riesenkolonien (s. Bd. IV, S. 23) davon anzulegen. Um Gelatine und Kolben zu sparen, kann man in einem Kolben gegen 6—8 Kolonien wachsen lassen. Die Verschiedenheit der Struktur der Kolonien gibt uns einen Fingerzeig über die Verschiedenheit der Arten. Man wird diese Kulturen dann auch zweckmäßig mit den Riesenkolonien der wilden Hefen vergleichen, die sich aus dem Lagerfaßbier in ähnlicher Weise haben isolieren lassen. Hieran werden sich einige vergleichende Gärversuche und Kostproben der dabei erhaltenen Biere, kurz eine genaue Charakteristik der in Reinkultur gewonnenen Hefen und Bakterien, anschließen lassen. Worauf sich diese Charakteristik hauptsächlich zu erstrecken hat, ist von Lindner (8) genauer bezeichnet worden. Ueber die sogen. Würzebakterien im besonderen handelt der § 47.

In denjenigen Brauereien, in welchen Reinzuchthefe erzeugt wird und eine Infektion durch Hefenbezug von anderen Brauereien ausgeschlossen ist, läßt sich besonders gut das Verhalten der einheimischen Infektion verfolgen. Der Betriebskontrollor muß sich die Aufgabe stellen, die einheimischen wilden Hefen so zu studieren, daß er sie womöglich schon im mikroskopischen Bild eines gewöhnlichen Präparates oder einer Tröpfchenkultur erkennt und daß er ungefähr angeben kann, welche Veränderungen des Bieres man bei der vorliegenden Infektionsgröße zu erwarten hat.

Unter Umständen wird es angezeigt sein, den Kampf der wilden und der normalen Hefe im Bottich etwas genauer zu verfolgen, namentlich bei der Wahl anderer Gärtemperaturen. Für diese Untersuchungen wird es oft erforderlich sein, Zählungen in der Zählkammer vorzunehmen. Es wird dies für den vorliegenden Fall allerdings nur dann einen Zweck haben, wenn man die wilden Hefenzellen als solche sogleich von den Kulturhefenzellen zu unterscheiden imstande ist.

§ 43. Gebrauch der Hefenzählkammer. Bestimmung der Anstellhefenmenge.

Einen ungefähren Ueberschlag über die Menge der in einer gärenden Würze vorhandenen Hefe kann man sich schon mit Hilfe der Tröpfchenkultur machen, sofern man sich angewöhnt, die Striche oder Tröpfchen alle gleich groß zu machen, und sofern man nur einmal 1 g Hefe in 1 l Würze gut verteilt und dann gezählt hat, wieviel Zellen auf das einzelne Tröpfchen gekommen sind. Aus der Durchschnittszahl von einer größeren Menge Tröpfchen kann man folgern, wieviel Gramm Hefe in jedem Liter dieser Würze enthalten sind. Sicherer geht man zu Werke, wenn man sich einer Zählkammer bedient, wie sie z. B. von Carl Zeiss in Jena geliefert wird. Deren Einrichtung ist in der *Fig. 16* im Grundriß (*A*) und im senkrechten Durchschnitt (*B*) dargestellt. Auf

einem starken gläsernen Objektträger ist ein Deckglas (*a*) aufgekittet, das einen kreisförmigen Ausschnitt hat. Innerhalb dieses letzteren ist konzentrisch ein zweites, um 0,1 mm dünneres, kreisrundes Glasplättchen (*c*) aufgekittet, in das an seiner oberen Seite zwei zueinander senkrechte 5 Systeme von je 21 parallelen Geraden eingeätzt sind, deren gegenseitiger

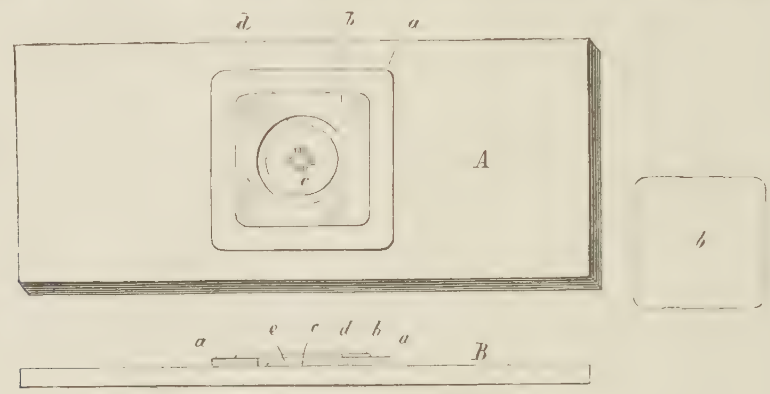


Fig. 16. Zählkammer.
Nat. Größe. Beschreibung im Text.

Abstand je 0,05 mm beträgt, so daß also dadurch 100 quadratische Felder von je 0,0025 qmm Flächeninhalt gebildet sind. Bringt man nun auf die Mitte von *c* ein hinreichend großes Tröpfchen der auszuzählenden Probe und bedeckt es mit dem (ca. 0,5 mm dicken) Deckglas *b*, so kann 10 man nun unter dem Mikroskope verschiedene Stellen der an allen Punkten 0,1 mm dicken Flüssigkeitsschicht auf die Anzahl der daselbst vorhandenen Zellen prüfen. Man zählt einige (10—50) Felder aus und zieht aus den Befunden das Mittel; dieses sei *M*. Der Keimgehalt der Probe pro Kubikmillimeter ist dann $M : 0{,}00025 = 4000\ M$. Um Zellen mit 15 Eigenbewegung zur Ruhe zu bringen oder um die Vermehrung der Zellen (z. B. sprossende Hefe) zu verhindern, versetzt man den für die Zwecke der Auszählung zu verwendenden Teil der Probe zuvor mit dem gleichen Raumteil 10-proz. Schwefelsäure. Bei der Ausrechnung des Keimgehaltes hat man in solchem Falle auf diese Verdünnung Rücksicht 20 zu nehmen und also *M* mit 8000 zu multiplizieren.

J. J. van Hest (1) hat mit Hilfe der Zählkammer auch festzustellen gesucht, wieviel Zellen in einem Liter obergäriger Anstellhefe enthalten sind. Nach guter Mischung der Anstellhefe wurde eine kleine Menge Hefe abgenommen und diese mit 5-proz. Schwefelsäure in einen Liter-25 kolben gebracht und mit Säure von derselben Stärke bis auf 1 l aufgefüllt. Nach guter Mischung wurde dieses Gemisch in einen größeren Kolben übergeführt und noch eine Viertelstunde geschüttelt. Von dieser Flüssigkeit wurde ein Tropfen auf den Zählapparat gebracht und stets die Menge Hefenzellen in 400 Quadratchen gezählt. Die mittlere An-30 zahl der Zellen von 23 Proben gewaschener Anstellhefe war 2,527 Billionen auf den Liter; das Maximum betrug 3,9 Billionen und das Minimum 1,8 Billionen Zellen. Für abgesetzte Hefe (aus 22 Proben) sind entsprechend die Zahlen gefunden worden: 2,438 bzw. 4 und 1,6 Billionen Zellen. Weil die Hefenzählung zu umständlich ist, suchte van Hest noch 35 durch Bestimmung der Trockensubstanz und daneben auch des Stick-

stoffgehaltes (s. Bd. IV, S. 92) sowie durch Filtration der Hefe zu brauchbaren Zahlen zu kommen.

Demnach enthielten

100 g nasse Stellhefe:	19 g	Trockensubstanz	81 g	Wasser	1,691 g	Stickstoff
	oder 32 „	„	68 „	„	3,136 „	„
100 ccm desgl.:	80 ccm	„	20 ccm	Hefenwasser		
	oder 33 „	„	67 „	„		

Diese Unterschiede lassen deutlich ersehen, wie groß die Abweichungen in der Hefengabe sein können, wenn keine scharfe Kontrolle geübt wird.

Es wurde auch noch das Gewicht eines Liters obergäriger Anstellhefe bei 6° C bestimmt. Je nach dem Gehalt an Kohlensäure und an Hefe fällt dies verschieden aus. Es wurde als geringstes Gewicht 854 g, als Maximum 1101 g und als Mittel 972 g gefunden. Der beim Zentrifugieren einer großen Zahl obergäriger Anstellhefen in Säckchen (aus sogen. Englisch-Leder) von 24 cm Länge, 7,5 cm oberer und 5,5 cm unterer Breite mit rundem Boden und etwas konischer Form erhaltene Durchschnitt lieferte die empirische Grundlage zur Aufstellung des sogen. Liters Normal-Anstellhefe. Ein Liter Normal-Anstellhefe enthält nach VAN HEST:

Gewogen: 0,6 kg Wasser 0,4 kg Zentrifugenhefe (d. 20 Min. langes Ausschleudern erhalten)
Gemessen: 0,6 l „ 0,3714 l Zentrifugenhefe
oder: 0,9 kg „ 0,1 kg Hefentrockensubstanz oder 3 Billionen Hefenzellen.

Je nachdem man aus der Probe Anstellhefe viel oder wenig Hefe ausschleudern kann, wird das gewöhnliche Anstellquantum (m) herunter- oder heraufgesetzt. Die Berechnung geschieht nach der Formel

$$G = \frac{400}{a} m \times hl.$$

J. J. VAN HEST hat eine Tabelle ausgearbeitet, aus der man ohne weiteres nach Feststellung des Gewichts der Zentrifugenhefe (a) aus 100 ccm Anstellhefe die Anzahl (G) der für ein bestimmtes Würzequantum (hl) erforderlichen Liter Anstellhefe ablesen kann.

§ 44. Die Kontrolle der Reinzuchtapparate.

Das wichtigste Erfordernis bei der Kontrolle der Apparate ist eine sachgemäße Probeentnahme. Ist der Stutzen, aus dem das Bier oder die Hefe abgezapft wird, nicht genügend sterilisiert worden, dann kann man ein bedenkliches Resultat erhalten, während die Reinheit der Kultur im Innern des Apparates tadellos sein kann. Es ist selbstverständlich, daß ein Apparat auf die gute Dichtung aller Hähne, Schrauben, Verpackungen, auf Trockenheit des Luftfilters usw. geprüft werden muß. Es wird öfter die Meinung ausgesprochen, als ob die Prüfung der Hefenproben aus dem Reinzuchtapparat ganz besonders peinlich ausgeführt werden müßte, da sonst ein besonders großes Unheil angerichtet werden kann. Das ist zum Teil große Uebertreibung. Eine minimale Verunreinigung braucht man bei der Weitervermehrung nicht mehr zu fürchten, als bei der gewöhnlichen Anstellhefe auch; vgl. S. 79.

Eine Gefahr ist nur da vorhanden, wo eine starke Infektion im Reinzuchtapparat übersehen wird. Eine solche kann aber sehr leicht vorkommen, da die Würze oft tagelang im Würzezylinder stehen bleibt. Es braucht nur durch einen undichten Hahn oder durch eine Undicht-

heit der Kühl- bzw. Dampfschlange eine wilde Hefe in die Würze gelangt sein, dann hat sie in den nächsten Tagen Gelegenheit, sich ohne jede Konkurrenz reichlich zu vermehren.

Wenn solche Würze in den Gärzylinder gelassen wird, dann steht es schlimm, aber auch nur dann, wenn der Betriebskontrollor es unterläßt, vor Herausnahme des Bieres und der Hefe dieselbe zu untersuchen. Der Verfasser möchte auch hier die Tröpfchenkultur neben der Weinsäuremethode angewendet sehen, und zwar aus dem Grunde, weil die letztere erst nach längerer Zeit ein Resultat gibt, wenn der Apparat schon längst entleert worden ist, erstere aber, am Tage vor der Entleerung angesetzt, an diesem schon nachgesehen werden kann.

Da gewöhnlich über allen Bedarf gelüftet wird, ist besonders die Gefahr der Kahmhefen- und Torula-Infektion groß.

Je stärker gelüftet wird, desto unregelmäßiger werden auch die Zellformen sowie die Größenabmessungen der Hefe. Es bilden sich dabei auch Zellen der Hautgeneration (s. Bd. IV, S. 17), auf welche H. Will (2) besonders aufmerksam gemacht hat. Hier wäre eine Analyse auf Gegenwart dieser Zellen mitunter am Platz. Am empfindlichsten hat sich die Biergelatine hierfür gezeigt. Je mehr unregelmäßige und strahlige Kolonien in der dünnen Gelatineschicht am Deckgläschen sich bilden, desto zahlreicher sind schon die Hautgenerationen vorhanden. Sind die Kolonien vom Typus der Maulbeerform (s. Bd. IV, S. 22), dann haben wir es mit der Alkoholgärungsform zu tun. Nur die letztere ist bei unseren Gärungen erwünscht.

Eine sehr einfache Orientierung bietet auch das Stehenlassen einiger abgefüllter Proben und das Beobachten derselben auf Klärung, Hautbildung, Trübung usw.

§ 45. Reinigungs- und Desinfektionsmittel in der Brauerei.

Ein Betrieb, in welchem so ausgezeichnete Nährstoffe wie Gerste, Malz und Würze verarbeitet werden, bildet naturgemäß sehr bald einen Anziehungspunkt für Kostgänger der verschiedensten Art: In der Mälzerei ist es hauptsächlich der Schimmel, im Sudhaus, auf dem Kühlschiff und auf den Trebern sind es zumeist Bakterien, in den Leitungen und Gefäßen des Gär- und Lagerkellers hauptsächlich wilde Hefen, welche sich da unnütz machen.

Ihre *Fernhaltung* oder, wo sie einmal unvermeidlich gewachsen sind, ihre *Entfernung* bildet eine der Hauptsorgen des Praktikers. Diese Sorge wächst im allgemeinen mit der Größe des Verhältnisses zwischen infizierbarer Oberfläche und der Menge des erzeugten Bieres. Aber auch die Beschaffenheit der Oberflächen spielt hier noch eine Rolle. Ist es schon umständlich eine glatte Fläche genügend von einer adhärierenden Würze- oder Bierschicht zu befreien, so bietet eine rauhe Fläche der Reinigung noch größeren Widerstand. Man betrachte nur einmal ein Stück Bierstein, der sich in einer Rohrleitung, z. B. zwischen Sudhaus und Kühlschiff gebildet hat. Auf den qcm wird man 30 bis 40 Hügel und ebensoviel Vertiefungen zählen können. Was können da die Borsten einer Bürste viel ausrichten! Wie ist es ferner denkbar, daß die von Würzebestandteilen durchtränkte Masse jene so leicht an vorüberfließendes Spülwasser abgeben kann!

Die mechanische Reinigung bleibt unzulänglich, sie

muß durch Anwendung von Hitze oder von chemischen Reinigungs- oder Desinfektionsmitteln unterstützt werden.

Aber auch im Verein mit diesen neu hinzutretenden Mitteln ist noch nicht in allen Fällen eine gründliche Reinigung zu gewärtigen. Wo in den Gefäßen oder Leitungen die Infektionskeime nicht bloß an den Oberflächen, sondern auch in größeren Tiefen sitzen, wie z. B. in Holz, dessen Poren nicht verkittet sind, in den Krusten, welche der Würzetrub mitunter in schwer zugänglichen Rohrleitungen bildet, in Lederscheiben, in hölzernen Spunden usw., da vermag das Desinfektionsmittel oft nicht über die Leichen der Mikroben an der Oberfläche hinwegzuschreiten, indem diese selbst eine fast undurchdringliche Mauer bilden im Verein mit Niederschlagsmembranen und sonstigen Fällungen, oder mit ihren eigenen stark verschleimten oder gequollenen Zellwänden.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich die wichtige Forderung für die Praxis: *Vermeidung aller Ansiedlungsmöglichkeiten der schädlichen Keime in tieferen Schichten.* Selbst durch Hitze ist ihnen hier nur schwer beizukommen. Am radikalsten geht man bei dem Ausbrennen der Gefäße, z. B. der ungepichten Transportfässer mancher Weißbierbrauereien, vor. Das Ausdämpfen der Leitungen ist wenig wirksam, wenn diese zu lang sind und im Innern schon zu dicke Trubkrusten aufweisen. In letzterem Fall ist zu empfehlen, die Rohrstücke auseinanderzunehmen und durch Feuer zu ziehen, bis sich die Trubkruste infolge der Verkohlung in der dem Metall anliegenden Schicht lockert und schließlich herausgeklopft werden kann.

Um eine Krustenbildung in den Leitungen überhaupt zu verhindern, wendet man die mechanische Reinigung öfter an, indem man Bürsten in Form von Bomben mittelst Dampf hindurchdrückt oder mit der Schnur hindurchzieht. Für Schläuche hat man zu ähnlichem Zweck auch Gummibälle mit Erfolg benutzt. Besäße die Würze oder das Bier oder das Wasser dieselbe Scheuerkraft wie z. B. die Maische, so würden die Metallleitungen ebenso sauber und blank bleiben wie im Sudhaus das Rohr zwischen Maisch- und Läuterbottich, durch das die Maische mit ihren verkieselten Spelzen gejagt wird. Wie es die Bakterienzelle versteht, sich mit dem einen Ende in die verschleimte Außenseite der Hefenzelle einzubohren, so kann sie auch in der schleimigen Trubkruste sich der Strömung des Wassers entziehen. Das gilt ebenso von den Vegetationen, die in den Vertiefungen des Biersteins sich eingenistet haben.

Beim Trocknen bilden die Schleimschichten der Zellwände den Kitt zwischen den einzelnen Zellen, und die ganze Kolonie ist jetzt einem Parenchymgewebe mit kräftig entwickelter Intercellularsubstanz vergleichbar. Stark verschleimte Zellwandungen bilden aber auch einen sehr wirksamen Schutz gegen höhere Temperaturen. So wissen wir vom *Leuconostoc dissiliens* und auch vom stark klumpigen *Sacch. thermantitonum* (s. S. 114), daß sie außerordentlich hohe Temperaturen, wenn auch nur kurze Zeit, vertragen können, ohne daß alle Zellen absterben.

Gefährlich für den Bestand solcher verschleimten Mikrobenkolonien werden insbesondere schleimlösende Stoffe. Es gibt solche, welche den nunmehr isolierten Keimen außerordentlich zusagen (z. B. die Malzwürze) und solche, welche die isolierten Keime sehr schnell abtöten. Diejenigen Desinfektionsmittel, welche schleimlösend und gleichzeitig tödlich auf die Keime wirken, werden bei stark vernachlässigten Leitungen zunächst

in Frage kommen. Bei Leitungen und Gefäßen, bei denen es sich nur um junge, oberflächlich sitzende Vegetationen handelt, ist die Frage, welches Desinfektionsmittel zum Töten der Keime genommen werden soll, eine mehr nebensächliche. Allerdings ist noch der Gesichtspunkt festzuhalten, daß für vertikal stehende Flächen die Adhäsionskraft der Desinfektionsmittel gegenüber der Wandung eine gewisse Rolle spielt. An Holzwandungen, die mit Paraffin getränkt sind, wird die desinfizierende Flüssigkeit weniger haften und schneller auf den Boden hinabfließen als an lackierten oder gar an rohen Holzwänden. Die Einwirkungsdauer wird hier also stellenweise sehr verschieden sein. Bei geschlossenen Systemen, z. B. bei dem Nathan'schen Bierherstellungsverfahren, kann von Desinfektionsmitteln ganz abgesehen werden, da hier mit Dampf nachhaltig desinfiziert werden kann. Bezüglich der reinigenden Wirkung muß noch bemerkt werden, daß nicht die Menge der angewandten Flüssigkeit sondern die innige Berührung maßgebend ist. Auch für die Praxis gilt der Satz: Nicht zu viel Flüssigkeit zum Reinigen nehmen, dafür letztere kräftig auf den Flächen verreiben.

In eingetrockneten Vegetationen sind nicht selten Dauerformen, Sporen, anzutreffen, für welche die gewöhnlich vorgeschriebenen Verdünnungen der Desinfektionsmittel zur Abtötung zumeist nicht ausreichen. Weiter ist zu bedenken, daß die von der Vorreinigung mit Wasser an den Wänden zurückgebliebene Flüssigkeitsschicht das Desinfektionsmittel etwas verdünnt, es also etwas weniger wirksam macht. Man muß also die Lösung etwas stärker wählen, als nach dem Laboratoriumsversuch für genügend erachtet werden konnte.

Das besondere Verdienst, die in der Brauerei gebräuchlichen Desinfektionsmittel einer systematisch vergleichenden Prüfung unterworfen zu haben, gebührt H. Will (1, 4, 5) in München. Er unterscheidet zwischen keimtötender und entwicklungshemmender Kraft.

Zur *Bestimmung der keimtötenden Kraft* vermehrt er die zu prüfenden Hefen zunächst in möglichst klarer Würze bei Zimmertemperatur, bringt dann die Bodensätze auf ein steriles Scheibchen Filtrierpapier, wägt je 1 und 2 g Hefe ab und schüttet Scheibchen und Hefe in Erlenmeyerkölbchen von 60—70 ccm Inhalt. Darin übergießt er mit 50 ccm des Desinfektionsmittels, schüttelt tüchtig und läßt stehen, um nach 5, 10, 15 Minuten je 10 ccm der trüben Flüssigkeit zu entnehmen und die Hefe auf einem sterilen Filter zu gewinnen. Nachdem die Hefe mit sterilem Wasser ausgewaschen worden ist, bis das Filtrat keine saure oder alkalische Reaktion mehr zeigt, wird sie mit dem Filter in ein kleines Erlenmeyerkölbchen mit 20 ccm Würze gebracht und hier bei 25° C der Eintritt und Verlauf der Gärung beobachtet.

Die *entwicklungshemmende Kraft* bestimmt Will, indem er zu je 20 ccm gehopfter Würze die entsprechenden Zusätze des Desinfektionsmittels gibt, darauf mit einer Platinöse dickbreiiger, eben ausgegorener Hefe (nach 3—4-tägiger Gärung bei 25°) impft und Eintritt und Verlauf der Gärung beobachtet.

Für die praktische Bewertung kommt die entwicklungshemmende Kraft weniger in Betracht als die keimtötende: denn es ist dringend erforderlich, das Desinfektionsmittel nach stattgehabter Einwirkung so vollständig wie möglich aus Leitungen und Gefäßen zu entfernen. Wichtig ist allerdings jene Bestimmung dann, wenn es sich um Zusätze von Konservierungsmitteln zum Bier, z. B. für den Export, handelt.

Für die von Will untersuchten und schon im 21. Kapitel des

I. Bandes besprochenen Desinfektionsmittel hat sich in bezug auf keimtötende Kraft folgende, vom schwächeren zum stärkeren aufsteigende Reihenfolge ergeben: Antinonnin, Mikrosol, Montanin, Antigermin, Fluorammonium, Flußsäure, Antiformin. Die Reihenfolge bezüglich der entwicklungshemmenden Kraft ergab an unterster Stelle Antiformin, dann folgte Fluorammonium, Montanin, Antinonnin, Mikrosol, Antigermin und Flußsäure.

Außer diesen Mitteln kommen noch vielfach die schon im 21. Kapitel des I. Bandes genannten altbekannten Pilzgifte Soda, Kalk, Chlorkalk, doppeltschwefligsaurer Kalk und Schwefel in Anwendung. Auch Salicylsäure wurde hin und wieder in alkoholischer Lösung zur Desinfektion von Bottichen gebraucht. Die gleichzeitige Verwendung verschiedener Desinfektionsmittel bringt oft Mißerfolge, wenn sie in ihren Wirkungen einander gegenseitig aufheben. Wo z. B. Chlorkalk oder Antiformin gebraucht wird, darf an derselben Stelle nicht mit schwefliger Säure oder doppeltschwefligsaurem Kalk gearbeitet werden. Antiformin erzeugt zufolge LINDNER (6) bei Gegenwart kleiner Mengen von Salicylsäure einen Kreosot-Geruch und Geschmack. Doppeltschwefligsaurer Kalk und Aetzkalk, sowie Soda dürfen nicht nacheinander an Bottich- oder Kellerwandungen aufgetragen werden; Fluorammonium darf nicht nach Soda oder Aetzkalk, Montanin nicht auf Aetzkalk oder umgekehrt gebracht werden.

Die Benützung zu konzentrierter Lösungen ist ebenso verkehrt und nachteilig wie die zu sehr verdünnter. Durch erstere wird oft der Bottichlack oder das Metall oder Holz zu stark angegriffen, durch letztere werden die Kulturhefen getötet, die wilden aber z. T. noch lebend erhalten, so daß in nachher hinzutretender Würze die letzteren fast ausschließlich sich bis zur Zeit entwickeln können, wo der Bottich mit Hefe angestellt wird.

Der Kalk darf nicht an der Bottichwand antrocknen, da seine Entfernung dann sehr viel Mühe macht und das nötig werdende starke Scheuern die Lackschicht oder dergleichen stark abnutzt. Feuchte Wände und Fußböden werden zweckmäßig mit gebranntem Kalk eingerieben oder bestreut. Aetzkalk wird vielfach mit anderen Desinfektionsmitteln (Mikrosol, Antinonnin und Antigermin) vermischt, um die blaue bzw. gelbe Farbe derselben etwas zu verdecken. Aetzkalk sowie Chlorkalk werden öfter dem Weichwasser zugesetzt, um Pilzbildung auf dem Malz zu verhindern. Nach BEHRENS (2) sind beide jedoch keine Universalmittel zur Wiederherstellung mangelhaft keimender Braugersten.

Soda wird häufig mit gelöschtem Kalk zu dickem Brei angerührt und heiß auf die Bottichwand aufgetragen, um den Lack zu entfernen, oder zum Reinigen von Kühlapparaten benützt. Das entstehende Aetznatron greift Lack und Holz außerordentlich stark an; es empfiehlt sich deshalb, tüchtig mit Wasser, dem Säure (am besten Schwefelsäure) beigemischt ist, nachzubürsten, andernfalls wird das Holz leicht schwammig, und der spätere Lackanstrich haftet nicht. Heiße Sodalösung dient zum Füllen von Rohrleitungen, um den Trubansatz in denselben zu lockern und das darauffolgende Durchbürsten erfolgreicher zu machen. Für Rohrleitungen sind 5-proz. Lösungen ausreichend, bei Bierstein 10-proz. nötig. Am wirksamsten ist ein fortgesetztes Durchpumpen der heißen Lösung durch die Leitung. Zu schwache Lösung macht den Bierstein sehr rauh, ohne ihn zu entfernen. Unverzinnte Kupferrohre werden immer etwas angegriffen werden. Wenn nachher nicht durch längere Zeit

mit warmem und mit kaltem Wasser nachgespült wird, kommen in der Würze bzw. im Bier leicht Metall-Eiweißtrübungen (vgl. S. 146) zustande. In vielen Brauereien behandelt man nur einmal in der Woche die Rohrleitung mit Soda, in der Zwischenzeit spült man nur mit Wasser nach oder mit anderen Lösungen (Fluorammonium, Montanin, Antiformin). Für Gummischläuche sollen mehr als 2-proz. Sodalösungen nicht genommen werden, da die Innenfläche sonst schnell rissig und brüchig wird. Zum Flaschenreinigen benutzt man 3–5-proz. Lösungen. Da die Hände der Arbeiter aber stark angegriffen werden, und schmerzhafte Wunden sich bilden, empfiehlt sich die Benutzung von Gummihandschuhen. Wo mechanische Flaschenreinigung betrieben wird, macht sich eine starke Abnutzung der betreffenden Apparate durch die Sodalösung geltend; es bilden sich Eisenverbindungen, und es ist nicht ausgeschlossen, daß im Biere in der Flasche dann gelegentlich Metall-Eiweißtrübungen auftreten. Auch bei dem Reinigen verzinnter Filterplatten darf nicht mit zu starker Sodalösung gearbeitet werden; es muß ein ganz schwacher Ueberzug von Bierstein auf den Platten verbleiben, sonst kommt dieselbe Trübung im Bier zum Vorschein neben einem Metallgeschmack und geringer Schaumhaltigkeit. Sodalösung wird schließlich auch noch zum Waschen der frischen Späne (s. S. 145) benutzt. Sie werden 1–2 Stunden lang in Wasser gekocht, das einen Zusatz von ca. 0,3 kg Soda pro Hektoliter erhält; hierauf läßt man diese Lösung ablaufen und kocht abermals mit frischem Wasser, das aber nur noch die halbe Sodagabe erhält. Wenn die Flüssigkeit noch gefärbt erscheint, kocht man noch ein drittes Mal, aber mit noch weniger Soda, schließlich ohne solche. Das Wasser muß dann farblos bleiben. Durch Kochen mit zu viel Soda wird der Holzgeschmack nicht beseitigt, sondern geradezu intensiver. Späne sollen nicht in eisernen Behältern, welche rostig sind, gekocht werden, da sie dann schwarzblau werden und dem Bier einen aufdringlichen metallischen Geschmack verleihen.

Der *doppeltschwefligsaure Kalk* wird in 6-facher Verdünnung der käuflichen Ware zum Desinfizieren der Bottichwände und Gerätschaften verwendet. Auch als Beimischung zur Satzhefe hat man es verwandt. P. Mumme (1) nimmt auf eine 250 l fassende Zeugwanne 2 l doppeltschwefligsauren Kalk, den er dem ersten Wasser kurz nach dem Sieben der Hefe zusetzt. Nach einer Stunde wird das Wasser abgelassen und wie gewöhnlich verfahren. Doppeltschwefligsaurer Kalk wird auch öfters nicht ganz infektionsfreiem Bier zur Erhöhung der Haltbarkeit mit Erfolg zugesetzt, jedoch nimmt das Bier einen harten Geschmack an.

Das *Antiformin* ist zufolge Lindner (2) ein ausgezeichnetes Reinigungs- und gleichzeitig Desinfektionsmittel. Namentlich Rohrleitungen mit starkem Biersteinansatz sind damit zu behandeln. F. Törnell und E. Morell (1) haben Bierstein, aus der Rohrleitung zwischen Hopfenseiher und Kühlschiff entnommen, auf Löslichkeit geprüft. In Wasser, 5-proz. Natronlauge und unverdünntem Antiformin wurden Gewichtsabnahmen von 14,5—23 und 97 Proz. festgestellt. Heiße Soda löste von dem Bierstein fast gar nichts, doppeltschwefligsaurer Kalk machte ihn sogar noch schwerer löslich durch Fällung wasserlöslicher Biersubstanz. Noch mehr war dies bei Montanin der Fall. Und 0,5-proz. Fluorammonium löste nur 15,5 Proz. Das Antiformin ist ein stark alkalisch reagierendes Gemisch von 5,2 Proz. Natronhydrat und Natriumhypochlorit. Die stark lösende Wirkung kommt in erster Linie auf Rechnung des aktiven Chlors. Solches ist ja auch im Natriumhypochlorit und im Chlor-

kalk vorhanden, jedoch eignen sich diese Mittel nicht so gut, da sie zu stark riechen und zu wenig haltbar sind. Besonders auffallend ist die Wirkung des Antiformins bei der Behandlung der Malztenne. Der dort aufgelagerte Schleim quillt vor der Zerstörung so stark auf, daß größte Vorsicht geboten ist, um nicht auszugleiten. Botticlack wird von der 5 gewöhnlichen Verdünnung 1 : 20 nicht gelöst. Für Rohrleitungen, Kühlapparate und Gummischläuche hat es sich ebenfalls bewährt. Es riecht nur wenig, belästigt die Arbeiter nicht sehr. Es wird kalt angewendet.

Montanin, ein Nebenprodukt der Ton-Industrie, enthält hauptsächlich Kieselfluorwasserstoffsäure (s. Bd. III, S. 317). Es greift zufolge LINDNER 10 und MATTHES (1) in 4-proz. Lösung Holz wie auch Bierlack so gut wie gar nicht an, kann daher in jedem Holzgefäß aufbewahrt werden. Wo es eingeführt ist, empfiehlt G. LUFF (2), die gesamte Metalleitung wöchentlich einmal (im Sommer zweimal) mit 4-proz. Montaninlösung 1 bis 2 Stunden lang, wenn möglich die ganze Nacht hindurch, zu beschicken. 15 Bei ausreichend langer Einwirkung (12 Stunden) genügt eine 2-proz. Lösung, so namentlich für Gummischläuche. Montanin in 20-proz. Lösung eignet sich vortrefflich als Wandanstrich, weil es die Wand hart und glatt macht, indem es die Poren allmählich verstopft. Es ist in geschlossenen Gefäßen sehr lange haltbar. 20

Das Mikrosol und das Antinonin sind zufolge LINDNER und SCHELLHORN (1) als Wandanstriche oder für Außenflächen von Holzgefäßen mit Erfolg angewendet worden; sie dienen namentlich zur Abhaltung von Schimmel und Feuchtigkeit an Kellerwänden (vgl. d. 21. Kap. d. I. Bds.). 25

Das Mikrosol erteilt den Wänden einen bläulichen Schein, da es hauptsächlich aus Kupfersalzen besteht (aus 0,75 Proz. Kupfersulfat, 10 Proz. phenolschwefelsaurem Kupfer und 2,3 Proz. freier Schwefelsäure, auch etwas Flußsäure). Es wird gewöhnlich in 4-proz. Lösung in Anwendung gebracht. Die zu behandelnden Flächen werden zunächst 30 durch Abwaschen mit heißem Wasser gründlich abgebürstet, und hierauf wird das Mikrosol 2—3-mal nach jedesmaligem Trocknen aufgetragen.

Das Antigermin, das schon im 21. Kapitel des I. Bandes angeführt worden ist, wird in der Brauerei so wie das Antinonin verwendet; vgl. H. WILL (7). Es scheidet in Wasser ein zwar schwer 35 lösliches, jedoch entwicklungshemmendes Salz ab. Die Lösung, welche geruchlos ist, wird folgendermaßen hergestellt: 2 kg Antigermin werden mit kochendem Wasser angerührt, und dann wird durch Zugießen von kochendem Wasser zu 1 hl aufgefüllt. Diese gelbe Lösung wird, mit Kalk vermischt, 2—3-mal aufgetragen. 40

Der Formaldehyd, über dessen keimtötende Kraft das 21. Kapitel des I. Bandes ausführliche Angaben enthält, läßt sich zufolge H. WICHMANN (1) und TOMANN (1) gut zur Desinfektion von Rohrleitungen und Schläuchen in einer Verdünnung von 1—2 l Formalin und 1 hl Wasser verwenden. Nach 10—15 Minuten langer Einwirkung muß mit kaltem 45 oder lauem Wasser so lange nachgespült werden, bis der Geruch des Formaldehyds verschwunden ist. Gärbottiche und Fässer werden mit solcher Lösung nach dem Reinigen leicht überwaschen und dann mit Wasser abgespritzt. Auch Kellerwände pinselt man mit der Lösung ein, entweder allein oder mit Kalk. Um den Geruch zum Verschwinden zu 50 bringen, läßt man schließlich Ammoniakdämpfe einwirken.

Saures Fluorammonium ist fest und kristallinisch, leicht in Wasser löslich. SCHÖNFELD (2) fand eine 0,4-proz. Lösung von genügen-

der Wirksamkeit. Am zweckmäßigsten wird die Lösung in einem Holzbottich aufbewahrt. Schläuche werden, nachdem sie damit gefüllt worden sind, in dem Bottich am besten die Nacht über liegen gelassen. Alle 14 Tage wird die Lösung neu hergestellt. Dieses Salz zählt nach J. Brand (1) mit zu den besten Desinfektionsmitteln, das gute Gummischläuche nicht angreift, andere (mit ungeeigneten Füllmaterialien) jedoch spröde und brüchig macht. Das reine Präparat enthält 35.68 Proz. Flußsäure; es wurden jedoch auch Präparate mit 22.8—31.5 Proz. beobachtet.

Weniger in der Brauerei selbst als in zugehörigen Stallungen und leerstehenden feuchten Räumen ist ein als Pinol bezeichnetes Desinfektionsmittel gut verwendbar. Es ist dies eine von der Nürnberger Vertriebsgesellschaft gleichen Namens hergestellte konzentrierte teerartige Flüssigkeit, die aus dem Harze der Schwarzföhre gewonnen wird. Stoffe, die Gerüche leicht aufnehmen, dürfen in damit frisch gestrichenen Kellern nicht aufbewahrt werden.

Zum Schluß sei noch ein Vorschlag nach Heinr. Zikes (1) zur Prüfung wasserlöslicher Desinfektionsmittel auf Wirkungskraft angefügt. Danach bringt man eine kräftige Kultur der Organismen in eine sterile Schleudereprouvette, setzt etwas vorher ausgeglühtes und wieder abgekühltes Talkpulver zu, schüttelt gut durch und schleudert aus. Besonders zweckmäßig ist die Schleudereprouvette von Moskovicz, bei welcher der Bodensatz in einer besonderen, abnehmbaren Kapsel aufgefangen wird. Diese wird jetzt an einer zweiten Eprouvette befestigt, und der Bodensatz mit sterilem Wasser aufgeschüttelt. Nach dem Ausschleudern wird er in einer dritten Eprouvette mit dem Desinfektionsmittel zusammengebracht und bestimmte Zeit darin gelassen. Hierauf wird wieder ausgeschleudert, der Bodensatz wieder mit sterilem Wasser gewaschen und endlich in einem günstigen Nährboden ausgesät und so auf Entwicklungsfähigkeit geprüft.

§ 46. Biologische Analyse des Brauwassers.

Die Grundlage für die brautechnische Untersuchung des Wassers in biologischer Hinsicht hat E. Chr. Hansen (4) gegeben. Er zeigte, daß von den oft sehr zahlreichen Organismen, welche in Wässern vorkommen, nur diejenigen unsere Beachtung vom brautechnischen Standpunkte aus beanspruchen, welche in Bierwürze und Bier entwicklungsfähig sind und hier in mannigfacher Weise schädlich werden können. Alle übrigen Mikroorganismen, die weder in Bier noch in Würze zu gedeihen vermögen, sind als indifferent zu vernachlässigen. Die von Hansen ausgearbeitete Methode nimmt daher wohl auf die gewöhnlichen Wasserbakterien gar keine Rücksicht und verzichtet auf die Anlage von Plattenkulturen mit Gelatine-Nährböden ganz, begünstigt dagegen andere, brauschädliche Mikroben, welche auf den gewöhnlichen Plattenzuchten mit Eiweißpeptongelatine gar nicht und auf Platten mit Würzegelatine nur spärlich Kolonien bilden. So finden wir auf den Plattenzuchten einer Wasseranalyse weder gewisse Würzebakterien noch Essigbakterien, es fehlen manche Milchsäurebakterien sowie Sproßpilze. Ferner ist zu beachten, daß von einigen Gruppen der auf den Plattenzuchten erscheinenden Wasserbakterien, wie z. B. von den Fluorescenten, manche Arten unschädlich sind, andere dagegen Bierwürze zersetzen. Dasselbe

gilt von Heubazillen u. a. Es ergäbe sich daher bei ausschließlicher Anwendung von Plattenzuchten die Notwendigkeit, alle die fraglichen Arten noch nachträglich auf ihr Verhalten gegen Würze bzw. Bier zu prüfen oder gar eine genaue Species-Bestimmung durchzuführen. Auf die Schwierigkeiten solcher Arbeiten wurde schon im 12. Kapitel des III. Bandes hingewiesen.

Eine genaue Anleitung zur Ausführung der biologischen Wasseranalyse hat Hansen nicht gegeben, sondern nur das Prinzip der *tropfenweisen Aussaat in Würze und Bier* aufgestellt und in einer zweiten Abhandlung (3) die Beobachtungsdauer mit *sieben Tagen* bei 25° C normiert. Seine Untersuchungen und die zahlreichen Analysen, welche J. Chr. Holm (1) ausführte, hatten ergeben, daß innerhalb dieser Zeit fast alle lebensfähigen, kräftigen Keime zur Entwicklung kamen und nur ausnahmsweise auch noch später.

Die **biologische Analyse von Brauwässern nach Hansen** wird, wie aus den citierten Abhandlungen sowie aus dem Handbuche A. Klöcker's (1) zu entnehmen ist, in folgender Weise ausgeführt. Die Wasserprobe, welche unter Anwendung all der, im 12. Kapitel des III. Bandes geschilderten Vorsicht entnommen werden muß und eine Durchschnittsprobe darstellen soll, wird gut durchgeschüttelt und mit steriler Pipette in sterilisierte, klare Bierwürze sowie in Bier ausgesäet. Die Aussaatmenge darf nur gering sein, da durch zu großen Wasserzusatz die Widerstandsfähigkeit der Nährflüssigkeit herabgesetzt, d. h. ihr Charakter als Würze oder Bier zu sehr abgeschwächt wird. Nach Holm soll die Wassermenge nicht 0,83 Proz. bei Würze und nicht 3,33 Proz. bei Bier übersteigen. Am zweckmäßigsten ist es, das Wasser *tropfenweise* auszusäen, um eine möglichst weitgehende Verdünnung zu erzielen. Sollte auch dies nicht ausreichen, so ist eine Verdünnung des Wassers mit Würze oder sterilem Wasser vor der Aussaat vorzunehmen. Gewöhnlich erreicht man aber ein zuverlässiges Resultat, wenn man 100 Freudenreich-Kölbchen, die je 10 ccm Würze enthalten, mit je einem Tropfen Wasser beschickt. Die Aussaat in Bier kann man unterlassen; auf Grund der Beobachtungen Holm's kommen alle im Bier entwicklungsfähigen Organismen auch in der Würze fort. Immerhin gibt es aber Fälle, in denen die Beobachtung auch in Bier für die Praxis bedeutsame Resultate liefert. Zeigten sich nach sieben Tagen bei 25° C in einzelnen Kölbchen Entwicklungen, so werden sie mikroskopisch untersucht, ihre Art und Zahl festgestellt und die Menge für 1 ccm Wasser berechnet. Wenn z. B. in 100 Kölbchen 5 ccm Wasser insgesamt ausgesäet worden waren und in 18 Kölbchen 20 Vegetationen (z. B. in 16 je eine, in 2 je zwei) gezählt wurden, enthält das Wasser pro 1 ccm 4 Keime. Es wird dabei angenommen, daß jede Vegetation in den Zersetzung zeigenden Kölbchen nur von *einem* Keime hervorgebracht wurde.

Die Hansen'sche Methode erwies sich in jeder Beziehung als sehr entwicklungsfähig und wurde von verschiedenen Seiten in mehrfacher Richtung ausgebaut. Von diesen erlangte größere Verbreitung die **biologische Wasseruntersuchung nach Wichmann** (2). Dieser wies auf Grund seiner durch mehrere Jahre fortgeführten vergleichenden Wasseranalysen auf die besondere Wichtigkeit hin, welche die *Zeit*, nach der in den Kölbchenzuchten Zersetzungserscheinungen auftreten, für die Beurteilung hat. Weiter bemühte sich Wichmann einen besseren zahlenmäßigen Ausdruck für die „Schädlichkeit" eines Wassers zu finden.

als dies die Keimzahl pro 1 ccm ist, wie sie aus den HANSEN'schen Kölbchenzuchten berechnet werden kann. Diese Keimzahlen lassen sich nur schwer untereinander vergleichen, weil sie nicht stets auf gleiche Weise zustande kommen. WICHMANN sieht daher von der Erhebung der 5 Keimzahlen, die ja doch nur bei Plattenzuchten annähernde Richtigkeit besitzen, ganz ab und führt mit dem **„Zerstörungsvermögen"** des Wassers einen neuen Begriff in die biologische Wasseranalyse ein, wodurch die Einwirkung des Wassers selbst auf Würze und Bier in den Vordergrund gestellt wird.

10 „Zerstörungsvermögen" ist der Ausdruck für die zersetzende Wirkung eines Wassers (in Würze oder Bier) infolge seines Gehaltes an schädlichen Mikroorganismen, unter Berücksichtigung ihrer Menge und Energie. Die Menge der Mikroorganismen wird durch die Aussaat des Wassers in mehreren, verschieden großen Teilen zur Geltung ge-15 bracht, ihre Energie durch Beachtung der Zeit, welche sie zu ihrer Entwicklung brauchen. Die Anwendung größerer Wassermengen als bei HANSEN gibt die Sicherheit, daß alle in einem Wasser vorhandenen Keime bei der Untersuchung auch zur Ansicht gelangen, und begünstigt durch die zum Teile größere Verdünnung der Nährflüssigkeiten, welche 20 dadurch etwas weniger widerstandsfähig werden, auch schwächere Arten.

Zur Ausführung werden je vier Freudenreich-Kölbchen mit recht klarer, sterilisierter Würze und Bier genommen, mit den Ziffern 1, 2, 3, 4 bezeichnet und Nr. 1 mit 1,0 ccm, Nr. 2 mit 0,75 ccm, Nr. 3 mit 0,50 ccm und Nr. 4 mit 0,25 ccm des Wassers beschickt, gut durch-25 gemischt und in den Thermostaten bei 25° gebracht. Durch fünf Tage beobachtet man jeden Tag diese Kölbchen und verzeichnet den Eintritt von Zersetzungserscheinungen (Trübung, Gärung, Hautbildung), z. B. in Probe I: Alle Würzekölbchen 1—4 trübe am 1. Tage und in Probe II: Würzekölbchen Nr. 1 am 2. Tag trüb, Nr. 2 am 3. Tag, 30 Nr. 3 am 3. Tag, Nr. 4 am 5. Tag.

Als Grundlage für die Beurteilung im allgemeinen gilt die durch Versuche begründete Annahme: je rascher die Zersetzung eintritt und je geringer die hierzu notwendige Wassermenge ist, desto schlechter wird das Wasser sein. Dasjenige Wasser 35 also, welches schon nach 24 Stunden (am 1. Beobachtungstage) in allen vier Würzekölbchen Zersetzung hervorgerufen hat, ist als das schlechteste, sein „Zerstörungsvermögen" für Würze als das höchste anzusehen. Wir können dieses daher mit der Zahl 100 bezeichnen, um zu einem zahlenmäßigen Ausdruck zu gelangen, und dementsprechend das Zerstörungs-40 vermögen eines Wassers, welches am 2. Tage alle Würzekölbchen trübt, mit 80, das des 3. Tages mit 60, das des 4. Tages mit 40 und das des 5. Tages mit 20. Aus dieser Reihe ergeben sich Zeitfaktoren, und zwar ist $f = 10$, bzw. 8, 6, 4 und 2 für den 1., bzw. 2., 3., 4. und 5. Tag, mit deren Hilfe die Zeit (der Zersetzung) in Rechnung gezogen 45 wird, während für die Menge (des Wassers, bzw. der in demselben enthaltenen Mikroorganismen) im Sinne obiger Annahme die Nummern der Kölbchen (1, 2, 3, 4) d. i. die ausgesäete Wassermenge (4, 3, 2, 1 Viertel Kubikzentimeter) in umgekehrter Reihe, in die Rechnung eingesetzt werden. Demnach würden wir das Ergebnis obiger zwei Bei-50 spiele zu rechnen haben, wie folgt:

I.

Nr. d. Kölbchens		Tagesfaktor		
1	×	10	=	10
2	×	10	=	20
3	×	10	=	30
4	×	10	=	40
Zerstörungsvermögen			=	100

II.

Nr. d. Kölbchens		Tagesfaktor		
1	×	8	=	8
2	×	6	=	12
3	×	6	=	18
4	×	2	=	8
Zerstörungsvermögen			=	46

Zur Berechnung des Zerstörungsvermögens hat man also die Nummer des Kölbchens, in welchem Zersetzung eingetreten ist, mit dem Faktor für den betreffenden Tag, an welchem die Zersetzung zuerst beobachtet wurde, zu multiplizieren und die vier Produkte zu addieren. Die so erhaltene Zahl ist (bei den Würzekölbchen) der Ausdruck für das Zerstörungsvermögen des Wassers für Würze. Um das Zerstörungsvermögen für Bier zu erhalten, ist die Summe der Produkte der Bierkölbchen noch mit 1,67 zu multiplizieren. Weil Bier eine größere Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß des Wasserzusatzes zeigt, wurde erfahrungsgemäß bei Bier das höchste Zerstörungsvermögen = 100 auf den 3. Tag gesetzt (gegen Würze am 1. Tage). Weil das Zerstörungsvermögen für Würze am 3. Tage = 60 ist, so verhält sich jenes (B) zu diesem (W) wie 100 : 60, und es ist also $B = 1{,}67\ W$.

P. Lindner (8) hat seine handliche *Tropfenkultur* (s. S. 174) auch für die biologische Wasseranalyse empfohlen. Ein Gemisch von 10 ccm steriler Bierwürze mit 1 ccm der Wasserprobe wird mit einer Meßpipette tropfenweise in Petrischalen ausgesät. Die aus einer bestimmten Würzemenge entstandenen Kolonien werden gezählt und auf 1 ccm Wasser berechnet. Die beiden letzten Methoden von Lindner und Wichmann eignen sich besonders in solchen Fällen, in denen es sich darum handelt, rasch ein Resultat zu erhalten, welches sich zahlenmäßig ausdrücken läßt. Unter Vernachlässigung dieses Momentes entstanden noch andere Methoden, welche den möglichst vollständigen Nachweis aller im Wasser befindlichen brauschädlichen Organismen anstrebten. Zu diesem Zwecke wurden namentlich von H. Will (11) noch andere Nährflüssigkeiten außer Bierwürze in Verwendung genommen, so Würze mit Alkoholzusatz, Bouillon, neutrales Hefenwasser, welche aber bald wieder aufgegeben wurden. Dagegen legt Will ein besonderes Gewicht auf das *ammoniakalische Hefenwasser* zur Feststellung des Gehaltes an *Sarcina* (s. § 59 d. 8. Kap.) im Wasser, welches zu dem Zwecke in Freudenreich-Kölbchen mit 8—10 ccm sorgfältig sterilisiertem Hefenwasser, dem 1 Tropfen Ammoniak vom spezifischen Gewicht 0,96 zugesetzt wurde, tropfenweise ausgesät wird. Gibt die mikroskopische Untersuchung nach 7—8 Tagen kein Resultat, so wird die Beobachtung fortgesetzt, da manche Sarcinen mehrere Wochen zur deutlichen Entwicklung brauchen.

In einem sehr lesenswerten Vortrage hebt Will (12) auch den Wert der *Gärprobe* für die Wasseranalyse hervor, bei welcher durch den Einfluß der sich vermehrenden, gärenden Hefe eine große Gruppe von Würzebakterien unterdrückt wird, so daß nur solche Bakterien zur Ansicht gelangen, welche die Gärung überdauern, daher dem Biere schädlich werden können. Diese der Praxis angepaßte Gärprobe wurde für brautechnische Untersuchungen schon früher von E. Prior (1) und neuerdings unabhängig von G. Luff (1) vorgeschlagen, welch letzterer 1 ccm Wasser in 10 ccm mit etwas Reinhefe geimpfter Würze bringt, bei Gärkellertemperatur durch 8—9 Tage stehen läßt, dann den Boden-

satz mittelst der Weinsäuremethode (s. Bd. IV. S. 137 u. Bd. V, S. 169) auf wilde Hefe prüft. Die über dem Bodensatze stehende vergorene Würze wird in ein steriles Fläschchen abgegossen, dicht verschlossen und bei 25° zu Ende vergoren („forciert“). Hier entwickeln sich jetzt 5 nach 8—10 Tagen vornehmlich die Milchsäurebakterien und Sarcinen, so daß die LUFF'sche Methode einen guten Ueberblick über die Bierschädlinge eines Wassers gibt. Sie beansprucht jedoch sehr viel Zeit.

Anhangsweise sei hier noch der Plattenzuchten gedacht. Obwohl diese, wie schon anfangs hervorgehoben (vgl. auch d. 12. Kap. d. 10 III. Bds.), kein zuverlässiges Resultat ergeben können, so besitzen sie doch für bestimmte Fragen größeren Wert, so z. B. in der Brauerei-Betriebskontrolle, wenn es sich um Ueberprüfung der qualitativen Leistung von Wasserfiltern (s. 13. Kap. d. III. Bds.) handelt. oder wenn der Erfolg der Reinigung von Brunnen, Wasserbehältern oder Leitungen zahlen- 15 mäßig festzustellen wäre. Es genügt dann, vier Platten zu gießen, mit 1,0. 0,25 und 0,05 ccm Wasser auf Peptongelatine und 1,0 ccm auf Würzegelatine. Ist das Wasser anerkanntermaßen sehr rein, so nimmt man 3—5 ccm für die Würzegelatine-Platte.

Die Resultate der biologischen Analyse des Brauwassers wurden 20 besonders von HOLM (1) und WILL (12) eingehend besprochen. Es sei hier nur soviel hervorgehoben, daß am häufigsten, namentlich in Bierwürze, Bakterien beobachtet werden, und von diesen wieder vorherrschend die sogen. Würzebakterien, von denen der nächste Paragraph handelt, während Sarcinen und Pediokokken nur ausnahmsweise gesehen 25 werden. Die Schimmelpilze, welche sich nicht selten, aber in geringer Menge finden, haben untergeordnete Bedeutung als Bierschädlinge, können daher meist vernachlässigt werden, abgesehen natürlich von besonderen Fällen, wie z. B. bei der Beurteilung eines Mälzereiwassers. Sproßpilze sind am seltensten, unter ihnen am häufigsten noch *Torula*-Arten, 30 wie Rosahefe, während echte Saccharomyceten nur in ganz vereinzelnten Fällen beobachtet wurden.

Schließlich soll noch hervorgehoben werden, daß der Wert der bei biologischen Analysen gefundenen Mikroorganismen nicht stets bloß nach ihrer Schädlichkeit für den Brauereibetrieb einzuschätzen ist, sondern 35 daß häufig auch weniger gefährlichen ja vielleicht unschädlichen mit Rücksicht auf die Beurteilung des Wassers ebenso große Bedeutung beizumessen ist, und zwar dann, wenn sie einen Hinweis auf Quellen der Verunreinigung, auf schwere Infektion u. dgl. geben können.

§ 47. Die Bakterien der Betriebswürze.

40 Die gehopfte Bierwürze, wie sie im Brauereibetriebe für untergärige Biere erzeugt wird, ist im allgemeinen, trotz des reichlich vorhandenen Eiweißes und Zuckers, kein günstiger Nährboden für Bakterien. Einerseits verhindert schon der nicht unbedeutende Säuregehalt die Entwicklung zahlreicher Spaltpilzarten, andrerseits wirken 45 bestimmte Hopfenbestandteile (s. Bd. IV. S. 138), an denen die Würze reicher ist als das Bier selbst, antiseptisch. Demgemäß sind auch die (schwächer gehopften) Würzen gewisser obergäriger Biere und noch mehr die noch nicht mit Hopfen gekochte Würze, die sogen. Süßwürze, bedeutend hinfälliger als gehopfte Würzen für untergäriges Bier, ja

die Süßwürze ist sogar ein guter Nährboden auch für empfindlichere Bakterien.

Die gehopfte Würze, welche hier in erster Linie in Betracht kommt, bietet daher nur einer beschränkten Anzahl von Spaltpilzen zusagende Lebensbedingungen. Diese Bakterien zeigen so mannigfache Eigenschaften 5 und sind in der Würze in so verschiedenem Grade wirksam, daß sie kaum von einem Gesichtspunkte aus betrachtet werden können. Das Gemeinsame ist eben nur die Fähigkeit, Bierwürze zu zersetzen, zu verderben.

Einige Arten tun dies mit solcher Heftigkeit und unter ganz 10 charakteristischen Erscheinungen, so daß sie als eigentliche Würzebakterien von den übrigen in Würze gedeihenden Spaltpilzen unterschieden werden können. Die hierher gehörigen Arten werden von P. Lindner (8) als **Termobakterien** bezeichnet, in Anlehnung an das *Bacterium termo* Cohn (s. Bd. III, S. 87), mit dem sie, wie allerdings 15 auch noch andere Bakterien, in Zellform und Bewegungsvermögen größte Aehnlichkeit zeigen.

Bei der durch Würzebakterien veranlaßten Zersetzung der Bierwürze werden auch gewisse Bestandteile des Hopfens angegriffen; die Würze trübt sich nicht bloß sehr stark, fast milchig, sondern gleich- 20 zeitig tritt ein eigentümlicher, als sellerieartig bezeichneter Geruch auf. Eine Begleiterscheinung ist auch Schaumbildung, welche Gärung vermuten lassen würde; sie ist auf Entwicklung von Wasserstoffgas zurückzuführen. In älteren Zuchten in Würze kommt es zur Ausbildung von Häuten (Decken) aus schleimigen Massen oder doch zur 25 Ringbildung, ohne daß aber die Würze selbst schleimig (fadenziehend) würde.

Gegenüber der Gärtätigkeit der Hefe sind diese Termobakterien sehr empfindlich. Die eintretende Gärung unterbricht sofort deren Lebenstätigkeit, Bewegung und Vermehrung; die Würzebakterien 30 sterben ab, und nach der Hauptgärung finden sich kaum noch lebensfähige Stäbchen vor. Es könnte scheinen, daß demnach die Würzebakterien für den Brauereibetrieb wenig Bedeutung hätten und für das Bier ganz ungefährlich seien, weil sie ja durch die gärende Hefe getötet werden. Dementgegen muß auf den Selleriegeruch aufmerksam gemacht 35 werden, der als Folge ihrer Tätigkeit der Würze anhaftet und während der Gärung nicht mehr verschwindet, auch wenn die Bakterien absterben; das Bier aus einer so befallenen Würze zeigt dann einen dumpfen Geruch, eine Art „Kellergeschmack“, welcher Fehler es wesentlich schädigt. Einzelne Arten aber überdauern sogar die Bottichgärung, 40 bleiben latent und können in schwach gehopften Bieren Veranlassung von Biertrübung werden.

Entsprechend ihrer außerordentlichen Vermehrungsfähigkeit finden sich die Würzebakterien überaus häufig innerhalb des Brauereibetriebes und treten überall, wo Bierwürze längere Zeit ohne Hefenzusatz steht, 45 in Wirksamkeit. So wird z. B. eine Würze, welche aus irgend einem Grunde im Sterilisator eines Hefenreinzucht-Apparates unsterilisiert über Nacht gestanden hat, den Selleriegeruch zeigen. Das gleiche beobachtet man häufig im Laboratorium an vergessenen Würzeresten. Das gewöhnliche Feld ihrer Tätigkeit in der Brauerei ist das Kühlschiff, auf 50 welchem die Bierwürze oft längere Zeit eine für die Bakterienentwicklung günstige Temperatur behält, so an schwülen Sommertagen, an denen die Abkühlung nur sehr langsam vor sich geht. In die Würze gelangen

die Termobakterien in der Regel als Luftinfektion aus der nächsten Umgebung des Kühlschiffes. Sie sind nämlich geradezu als **Gerätebakterien** anzusprechen, weil sie sich infolge ihres Luftbedürfnisses und der Fähigkeit, auf festen Nährböden sehr gut zu gedeihen, auf der 5 feuchten, Spuren von Würze festhaltenden Oberfläche der mit Würze in Berührung kommenden Werksvorrichtungen und Leitungen ansiedeln und lebend erhalten. Hier können sie nur durch peinliche Reinlichkeit und entsprechende Desinfektion vertrieben werden. Einige hat man wohl auch in Wässern beobachtet. Finden sie sich aber in größerer 10 Menge im Betriebswasser, so deutet dies auf eine Infektion der schlecht verwahrten Wasserbehälter oder gar auf eine Infiltration der Brunnen durch Abwässer hin. Letztere bilden wahrscheinlich den natürlichen Aufenthaltsort dieser Gruppe.

Ihre Einreihung in das Bakteriensystem ist wegen unserer noch 15 geringen Kenntnis, insbesonders wegen des Fehlens der wichtigsten diagnostischen Merkmale, nicht möglich gewesen. Aus diesem Grunde finden die Termobakterien bei den Fachbakteriologen wenig Beachtung. Die wichtigsten Arten mögen im folgenden kurz beschrieben werden.

Termobacterium lutescens, von A. ZEIDLER (1) beschrieben: Einge-20 schnürte, an den Enden zugespitzte, lebhaft bewegliche Kurzstäbchen von 1 μ Breite, oft in langen, deutlich eingeschnürten Ketten (Hautform) oder in ungegliederten Scheinfäden (auf festen Nährböden). In Bierwürze erregen sie schon nach 24 Stunden Trübung und Selleriegeruch, später langsame Klärung unter Bildung einer dicken, gelblichen, 25 schleimigen Decke und eines starken, schleimigen, schmutzig gelbbraunen Bodensatzes. Gärende Hefe tötet dieses Bakterium rasch, dagegen wird abgepreßte Hefe durch dasselbe in Fäulnis versetzt. In Bier tritt keine Vermehrung ein, doch erhält es sich darin bei höchstens 6° C lebensfähig. Die Strichzucht auf Fleischsaftgelatine ist hellgelb 30 mit glänzender Oberfläche und glattem Rande, langsam verflüssigend; im Stich kein Wachstum. Auf Würzegelatine entsteht ein schmutzig gelber, schleimiger Belag. Weißbier-Würze zeigt nach mehreren Monaten einen eigenartigen Geruch nach Rauchfleisch und eine Zunahme des Säuregehaltes (0,4 ccm Normal-Natronlauge auf 20 ccm Würze).

35 *Termobacterium fuscescens* LINDNER (8). Zellform ähnlich derjenigen der vorigen Art. Auf Würzegelatine entsteht bei älteren Zuchten um die bräunliche Kolonie herum in der Gelatine ein breiter Hof von bräunlicher Färbung. Die Säurebildung ist stärker als bei der erstgenannten Art (1,5 ccm), vornehmlich von Milchsäure herrührend, keine flüchtige 40 Säure.

Termobacterium album LINDNER (8) ist im allgemeinen ähnlich dem *T. lutescens*, jedoch sind die Zellen mehr abgerundet, sehr selten langgestreckt; Fäden fehlen ganz. In Würze, welche etwas weniger heftig angegriffen wird, tritt eine dicke, weiße, flockig-schleimige Decke und 45 Ringbildung, weißlicher Bodensatz, Klärung und schwache Entfärbung auf. In Bier entsteht eine dünne flockige Schichte an der Oberfläche. Die Strichzucht auf Fleischsaftgelatine zeigt glatte Oberfläche und feingezähnten Rand. Ist auch im Wasser gefunden worden.

Termobacterium iridescens MIERAU, von P. LINDNER (12) beschrieben, 50 zeigt dicke, fast kugelige Doppelstäbchen, welche keine Ketten oder Fäden bilden und ohne Eigenbewegung sind. In Würze treten außer Trübung und Selleriegeruch noch Gasblasen, langsame Klärung, starke Entfärbung, keine Hautbildung und festliegender Bodensatz auf. Die

Strichzucht auf Fleischsaftgelatine wächst zu einem dünnen, bläulich irisierenden, fischschuppenartigen Belag aus; im Stich zeigt sich nur schlechte Entwicklung. Auf Würzegelatine bemerkt man weniger kräftiges Wachstum. Das reichlich gebildete Gas (ca. 80 ccm pro 1 Liter Würze) besteht aus Wasserstoff (70 Proz.), Kohlensäure (20 Proz.) und Stickstoff (10 Proz.), etwas Sauerstoff und Methan. Dieses Bakterium gibt wahrscheinlich zu dem „chlorigen Geruch" mancher Biere Veranlassung (s. § 57 des 8. Kap.).

Termobacterium erythrinum LINDNER (8). Zellform wie bei der vorhergehenden Art, 0,9 μ breit, Doppelstäbchen (Beweglichkeit?). In Würze zeigt sich sehr rasches Wachstum, rötliche Oberflächenschichte und Ringbildung, schwache Gasentwicklung. Auf Fleischsaftgelatine ist die Vermehrung schlecht, oft ganz ausbleibend. Dagegen ist sie sehr kräftig auf Würzegelatine, die rasch verflüssigt wird; auf dem Grunde findet sich dann eine blaß rötliche Zooglöa. Die rote Farbe verschwindet bei Zusatz von konzentrierter Natronlauge und erscheint wieder auf Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure. Diese Art wurde im Wasser einer Weißbierbrauerei gefunden.

Man wird nicht fehlgehen, wenn man die Termobakterien den echten Fäulnisbakterien nahestellt; insbesonders die Wuchsformen des *Termobacterium lutescens* und dessen Kolonien auf Fleischsaftgelatine zeigen gewisse Aehnlichkeiten mit *Proteus*-Arten. Und umgekehrt vermögen tatsächlich fast alle jener bei der Proteinfäulnis eine Rolle spielenden Spaltpilze die Bierwürze zu zersetzen. So prüfte H. ZIKES (2) aus verschiedenen Wässern isolierte Bakterien auf ihr Verhalten gegen gehopfte Würze und fand von den echten Fäulnisbakterien außer dem *Bacterium vulgare* (s. Bd. III, S. 89) aus der *Proteus*-Gruppe auch das gasbildende *Bact. verniosum* MEZ, welche der Würze einen unangenehmen Geruch verleihen und sie auch dann, wenn sie mit Hefe versetzt ist, zerstören.

Besonders reich sind nach ZIKES die **fluoreszierenden Fäulnisbakterien** vertreten, am häufigsten *Bacterium fluorescens* MEZ (= *Bac. fluor. liquefaciens* FLÜGGE), dann *Bact. pyocyaneum* LEHM. et NEUM., *Bacillus erythrosporus* COHN, welche bereits auf S. 92 des III. Bandes beschrieben worden sind. Weiter treten noch auf: *Bac. cyanogenes* FLÜGGE, *Bac. viridificans* MEZ, *Bact. Zimmermanni* MEZ, *Bact. cretaceum* MEZ, *Bact. putidum* LEHM. et NEUM., *Bact. carabiforme* MEZ, *Bact. minutissimum* MEZ, *Bact. ranicida* LEHM. et NEUM., *Bact. ferrugineum* RULLMANN, *Bact. fluorescens fuscans* ZIKES, *Bact. Tataroffi* MATZUSCHITA. Alle diese Fluorescenten sind Langstäbchen, oft sehr zart, von lebhafter Beweglichkeit. In Bierwürze tritt infolge der sauren Reaktion die Fluorescenz nicht in Erscheinung. *Bact. minutissimum* bildet lebhaft grüngefärbte Häute auf Bierwürze, Süßwürze und Bouillon. *Bact. pyocyaneum* entfärbt in auffallender Weise die Würze, was ZIKES auf die Ausscheidung des Pyocyanins zurückführt. Dieser blaue Farbstoff verhält sich nahezu komplementär zur gelbbraunen Farbe der Würze, so daß diese mit Zunahme des Pyocyanins immer mehr ausgelöscht wird. Welch kräftige Würzeschädlinge die Fluorescenten sind, geht am besten daraus hervor, daß von allen aus Wässern isolierten Arten dieser Gruppe nur eine, *Bact. turcosum* LEHM. et NEUM., gegen Würze sich indifferent verhielt, die meisten aber die Alkoholgärung überdauern, und daß einige (*Bact. minutissimum* und *Bact. ranicida*) sogar die Gärung verzögern. Eine interessante Erscheinung ist das durch *Bact. Tataroffi* bewirkte Alkalischwerden der Süßwürze und ge-

hopften Würze. *Bact. fluorescens* und *Bact. ranicida* rufen auch in Bier Veränderungen hervor.

Von anderen **farbstoffbildenden Bakterien**, welche Würze zu zerstören vermögen, ist das auf S. 90—91 des III. Bandes beschriebene *Bact. prodigiosum* hervorzuheben, welches seinen Farbstoff in Würze wohl bei 10 ° C, aber nicht auch bei 25 ° C bildet. Von den übrigen Pigmentbakterien zeigten sich als Würzezerstörer vornehmlich alle blauen, so *Bact. janthinum* Zopf, *Bact. violaceum* Mez, *Bact. coeruleum* Voges, für deren Unterscheidung die Züchtung in Bierwürze wertvoll ist, und von den gelbbraunen *Bact. fuscans* Zikes, *Bact. helvolum* Lehm. et Neum., *Bact. solare* Lehm. et Neum. Ihnen wären aus der älteren Literatur nach einer Arbeit von L. Adametz (1) anzureihen: *Micrococcus candidus* Cohn, *M. versicolor* Flügge, *Bac. flavocoriaceus* Adametz et Wichmann, der grüngelbe Bazillus Eisenberg's u. a. m.

Auch die Bakterien der Darmfäulnis (s. Bd. III, S. 93) und Verwandte (Coligruppe) erwiesen sich nach Zikes als Würze zerstörend, so das *Bact. coli commune* Escherich, dann *Bact. levans* Lehmann et Wolffin und *Bact. Bussei* Matzuschita, während *Bact. typhi* Würze nur bei höherer Temperatur angreift, in frischem Bier (d. h. nicht sterilisiertem, sondern durch Vergärung von steriler 12-grädiger Würze mit Reinhefe gewonnenem Bier) aber sehr rasch schon nach einigen Minuten abstirbt. *Bacterium aerogenes* Mill. schließt sich auch im Verhalten gegen Würze an *Bact. coli* an.

Von anderen an Fäulnisprozessen beteiligten Spaltpilzen finden wir in gehopfter Würze den *Bac. turgescens* Mez, einen sporenbildenden, auf Nährgelatine in mycelähnlichen Strängen wachsenden Verwandten des *Bac. mycoides* Flügge, während dieser letztere selbst, wie auch *Bac. subtilis* Cohn und die übrigen Angehörigen dieser Gruppe nur in Süßwürze fortkommen.

Sehr reich sind auch die **schleimbildenden Arten** vertreten: *Bact. gliscrogenum* Malerba et Salaris, *Bact. viscosum* Mez und *Bact. lactis viscosum* Lehm. et Neum. (s. 11. Kap. d. II. Bds.), *Bact. helicosum* Zikes, *Bact. pituitosum* Mez und *Bac. setosus* Adametz (s. 10. Kap. d. II. Bds.), welch letzterer die Bierwürze sehr kräftig zersetzt, fadenziehend macht und die Hefengärung verlangsamt; auf festen Nährböden wachsen seine Schleimmassen ungemein schnell. *Bact. helicosum*, welches auch in Bier gedeiht, bildet auf den gewöhnlichen Nährböden zähschleimige, glasartige Beläge. *Bact. lactis viscosum* macht die Würze fadenziehend und stark sauer. Durch *Bact. gliscrogenum* wird Würze nur sehr wenig schleimig, trotzdem in allen anderen Nährböden hohe Viskosität auftritt. Durch *Bact. pituitosum* wird wohl Milch nicht aber auch Bierwürze fadenziehend. Hierher gehören auch noch: der etwas fragliche *Micrococcus viscosus* Pasteur und *Bac. viscosus I* und *II* van Laer und *Bac. viscosus III* Vandam, von denen im § 56 des 8. Kapitels die Rede sein wird.

Die **Milchsäurebakterien** besitzen selten ein größeres Zerstörungsvermögen für gehopfte Bierwürze. Zikes beobachtete nur *Bact. Grotenfelti* Mez (= *Bac. acidi lactici I* Grotenfelt; s. Bd. II, S. 70), *Bact. lactis aerogenes* Escherich (= *Bac. aerogenes* Kruse; s. Bd. II, S. 83 u. f.), welche in Würze reichlich Milchsäure bilden und gärungshemmend wirken. A. Henneberg (1) gibt bei einigen der von ihm studierten Bier-Milchsäurebakterien an, daß sie in gehopfter Würze mehr oder weniger kräftige Entwicklung zeigen, so die im § 55 des 8. Kapitels noch zu betrachtenden Arten *Saccharobacillus pastorianus* van Laer.

Saccharobacillus pastorianus var. Berolinensis HENNEBERG und der mit diesem nahezu identische *Bacillus fasciformis* SCHÖNFELD et ROMMEL.

Von Kokkenformen wären hier die sogen. **Sarcinen** zu erwähnen, auf die im nächsten Kapitel zurückzukommen sein wird. Von diesen gedeihen die meisten auch in gehopfter Würze, so *Pediococcus cerevisiae* FRANCKE-LINDNER, *Ped. damnosus* und *Ped. perniciosus* HJ. CLAUSSEN, *Ped. sarcinaeformis* REICHARD, *Ped. acidi lactici* LINDNER, *Sarcina aurantiaca* FLÜGGE, *Sarc. flava* DE BARY, *Sarc. alba* ZIMMERMANN. Alle diese Arten haben aber als Würzeschädlinge erst in zweiter Linie eine Bedeutung; denn sie kommen neben den kräftigeren Würzebakterien kaum zur Geltung. Die Mehrzahl der Milchsäurebakterien, so z. B. der *Micrococcus acidi lactici* MARPMANN, kommt in gehopfter Bierwürze auch gar nicht fort, sondern nur in Süßwürze. Nichtsdestoweniger treten zahlreiche Arten nicht selten als Bierschädlinge auf und werden als solche im nächsten Kapitel noch eingehende Würdigung finden.

Es wird nicht wundernehmen, wenn auch noch andere gärungserregende Bakterien in Bierwürze auftreten, so z. B. der *Micrococcus ferritosus* WICHMANN et ADAMETZ,[1] welcher Alkoholgärung hervorruft, und verschiedene Buttersäurebakterien. Schließlich können noch die Essigbakterien erwähnt werden, deren einige auch Bierwürze zersetzen, so *Bact. industrium* und *Bact. acetosum* HENNEBERG, *Termobacterium aceti* ZEIDLER (2), welch letzteres, wie schon sein Name besagt, mit echten Würzebakterien viele Aehnlichkeit besitzt.

Auch gewöhnliche Wasserbakterien rufen unter Umständen in Bierwürze Trübungen hervor. ZIKES reiht *Bac. albus gasoformans* TATAROFF, *Bact. coronatum* MEZ, *Bact. reticulare* JORDAN, *Bact. mucosum non liquefaciens* ZIKES dem schon von ADAMETZ genannten *Bac. stolonatus* an. Größere Bedeutung kommt ihnen hier nicht zu.

§ 48. Biologie der Bierfilter.

Damit das Bier ausstoßfähig, zum Genusse geeignet sei, muß es vor allem klar sein, welche wichtigste Eigenschaft es durch längeres ruhiges Liegen bei schwacher Nachgärung im Lagerkeller erlangt. Häufig tritt aber diese Klarheit nicht vollkommen oder nicht rasch genug ein, und wir haben schon auf S. 145 das Spänen als ein Hilfsmittel, um die Klärung zu beschleunigen, kennen gelernt. Infolge fehlerhafter Arbeit kann es vorkommen, daß auch das Spänen erfolglos bleibt und das Bier, nur weil es trüb ist, nicht konsumfähig erscheint. In solchen Fällen wendete man schon vor vielen Jahren die Filtration an, welche, seitdem an die Klarheit des Bieres immer höhere Anforderungen gestellt werden, so allgemeine Verbreitung gefunden hat, daß gegenwärtig Bierfilter zur regelrechten Einrichtung der Brauereien gehören. Denn der Konsument verlangt jetzt nicht allein klares, sondern vielmehr „glanzfeines" Bier, und dieser Glanz ist auch bei sorgfältigster Arbeitsweise ohne Filter nicht zu erzielen.

Die Beschreibung der verschiedenen Systeme von Bierfiltern muß der Leser in den Handbüchern über Brauereitechnik nachlesen. Hier darf nur kurz darauf hingewiesen werden, daß das erste Bierfilter für den Großbetrieb im Jahre 1879 durch ENZINGER in Worms am Rhein in das Brauwesen eingeführt wurde. Es war den Filterpressen der Zuckerfabriken ähnlich eingerichtet; anstatt der Filtertücher waren je-

doch Scheiben aus besonders hergestellter Pappe in Anwendung, an deren Stelle später solche aus Zellulose (Holzzellulose) traten. Das von Stockheim in Mannheim gebaute Bierfilter von trommelähnlichem Aussehen verwendet eine zwischen Siebplatten dicht eingepreßte Schicht von Zellulose, durch welche hindurch das Bier getrieben wird.

Durch die Filtration werden feinflockige Ausscheidungen, die sich nur sehr langsam absetzen und den Glanz des Bieres beeinträchtigen, entfernt. Aber es wird auch der biologische Bestand des Bieres wesentlich verändert; während durch ersteres das Bier gleichsam fürs Auge verbessert wird, wird es durch das zweite innerlich verschlechtert.

S. Rohn und H. Wichmann (1) haben durch Versuche mit einem Stockheim-Bierfilter nachgewiesen, daß sich im filtrierten Biere mehr Keime befinden können, als im unfiltrierten vorhanden waren. Die Zunahme der absoluten Keimzahl stammt aus der Filtermasse her. Diese letztere wird, falls sie auch ganz rein, ja sogar steril wäre, durch biologisch unreines Waschwasser in hohem Grade infiziert oder andererseits, falls sie schon gebraucht worden war, ist sie, trotz sorgfältigen Waschens, mit Hefenzellen und noch mehr aber mit Bakterien gesättigt. Beim Filtrieren werden hernach die in der Filtermasse sitzenden Keime herausgewaschen und in das Bier geschlemmt. W. Schwackhöfer (1) beobachtete in einer Brauerei, in welcher nur einzelne Lagerfässer vom *Bacillus Lindneri* befallen waren, eine Verbreitung dieser Infektion auf das gesunde Bier noch im Transportfasse, indem das gesamte Bier, das nach einem infizierten Lagerfasse durch dasselbe Filter lief, ebenfalls infiziert wurde und seine Haltbarkeit einbüßte.

F. Lafar (1), welcher ein Enzinger-Filter auf seine biologische Leistung prüfte, fand, daß das filtrierte Bier besonders mit wilden Hefen angereichert wird, welche, ebenso wie die Bakterien, infolge ihrer geringen Größe, leichter als die Kulturhefenzellen das Filter passieren, auch wenn dessen Poren kleiner sein sollten als die Zellen, welche, da sie weich und schmiegsam sind, durch den einseitigen Druck hindurchgepreßt werden.

Zur richtigen Durchführung der Filtration ist es notwendig, daß der Apparat vor dem Filtrieren mit Wasser gefüllt und anfangs Wasser durchgedrückt wird, auf welches erst das Bier folgt. Lafar weist nun nach, daß auch bei diesem Wässern des Filters der Keimgehalt des filtrierten Bieres vermehrt wird, weil die Filtermasse den größten Teil der Keime des Wassers (Bakterien) zurückhält und diese dann wieder nach und nach in das Bier eingeschlemmt werden. Uebereinstimmend mit Wichmann stellt Lafar (2) fest, daß auch deshalb eine Verschlechterung des Filtrates eintritt, weil eben durch das Filtrieren das Mengenverhältnis von Hefen (H) zu Bakterien (B) im Filtrate ungünstig verändert wird. So war dieses (nach Plattenkulturen auf Würzegelatine) auch bei Verwendung von sterilem Wasser zum Wässern im unfiltrierten Bier $H:B = 57:43$, im filtrierten aber $H:B = 25:75$. Wichmann gibt dieses Verhältnis (nach Plattenkulturen auf Fleischsaftgelatine) im unfiltrierten Biere mit $H:B = 32:68$, im filtrierten mit $H:B = 9:91$ an, und zwar bei Anwendung von steriler Filtermasse und sterilem Waschwasser im sterilisierten Filter.

Haltbarkeitsproben, welche Lafar (2) mit filtriertem und nichtfiltriertem Biere anstellte, ergaben, daß sich bei 11.3° C das filtrierte Bier nach 33 Tagen trübte, wogegen das unfiltrierte noch nach 63 Tagen

klar geblieben war. Absatz bildete das unfiltrierte Bier naturgemäß früher als das filtrierte.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Filtration in vielen Fällen Ursache einer ungünstigen biologischen Veränderung des Bieres werden kann, weil das filtrierte Bier mit Bakterien und wilden Hefen angereichert wird, was wieder zu einer Verminderung der Haltbarkeit führt. H. Will (10) spricht sich deshalb auf Grund dieser und eigener Versuche mit Recht gegen die regelmäßige Verwendung von Bierfiltern aus und hebt neben der Verminderung der Schaumhältigkeit und Vollmundigkeit noch besonders hervor, daß das Bier durch das Filtrieren auch in biologischer Hinsicht verschlechtert wird.

G. Luff (4) hat in jüngster Zeit gemeinsam mit Bauer, Jakob und Reifenstuel an einem Braun-Filter diese Versuche mit steriler Filtermasse wieder aufgenommen. Sie ergeben vorerst, daß in vielen Fällen die Zahl der Keime im filtrierten Biere größer ist als im unfiltrierten, ferner im filtrierten Biere selbst wieder größer zu Beginn der Filtration, kurz nach dem Anlassen, als im weiteren Verlaufe, und daß im unfiltrierten Biere fast ausschließlich Kulturhefe vorkommt, welche im filtrierten fast ganz fehlt. Das Plus der Keime stammt bei steriler Filtermasse aus dem (unvollkommen gereinigten) Filter selbst oder wieder aus dem Druckwasser. Bei mehrtägiger, über Nacht unterbrochener Filtration werden die tags zuvor abfiltrierten Keime zu Beginn der nächsten Periode in das Filtrat hineingeschwemmt, womit auch von Tag zu Tag die Keimzahl des filtrierten Bieres steigt, so z. B. am 1. Tag: unfiltriert 3700, filtriert 80, am 2. Tag: unfiltriert 2100, filtriert 2900, am 3. Tag: unfiltriert 1300, filtriert 11300, aus welcher Reihe sich ergibt, daß das Filter eigentlich nur am ersten Tage richtig arbeitet. Auch die Haltbarkeitsproben bei 20° C zeigten, daß das am dritten Filtrationstage abgezogene Bier schlechter war als das unfiltrierte, wenn auch das filtrierte Bier vom ersten und zweiten Tag sich länger ohne Satz und Trübung hält als das unfiltrierte. Luff kommt zu dem Schlusse, daß filtriertes Bier haltbarer sei als unfiltriertes, was sich aber wohl nur auf sonst gesundes Bier beziehen dürfte, welches frei von bierschädlichen Sproß- und Spaltpilzen ist. Denn im Gegensatze dazu und in Bestätigung der Versuche der Früheren teilt H. Vogel (1) mit, daß Bierproben, welche vor dem Eintreten in das Filter genommen und in Flaschen aufbewahrt wurden, viel länger klar bleiben als die dazu gehörigen Proben von demselben filtrierten Biere. Auch O. Fürnrohr (1) berichtet in neuester Zeit, daß sich unfiltriertes Bier aus dem Lagerfaß entnommen vier Wochen lang in Flaschen hielt, dasselbe Bier vom Filter aber schon nach sechs Tagen umschlug, was er auf eine Luftinfektion der Filtermasse zurückführte.

Das günstige Urteil Luff's beruht wohl hauptsächlich auf den Fortschritten, welche die Filtertechnik gemacht hat und auf einer sehr sorgfältigen Ausführung der Filtration selbst, was aber im Betriebe noch nicht so allgemein geworden ist, als es notwendig wäre. Zur Vorsicht mahnen jedenfalls die bestätigten Beobachtungen, daß filtriertes Bier meist mehr Keime enthält als das unfiltrierte, und daß die durchgehenden Keime nahezu ausschließlich wilden Hefen und Bakterien angehören. Namentlich in letzterer Tatsache ist das Mißtrauen, welches man gegen das Filtrieren noch vielfach hegt, nur zu gut begründet.

§ 49. Biologie des Pasteurisierens der Biere.

In einzelnen Fällen, z. B. bei Flaschenbieren für den überseeischen Export, wird an das Bier die Anforderung fast unbegrenzter Haltbarkeit gestellt, welcher auch bei besten Materialien und sorgfältigster Arbeits-
5 weise nicht entsprochen werden kann. Nachdem durch Filtrieren ein vollkommen haltbares Bier nicht zu erzielen ist, ja die Haltbarkeit eher herabgesetzt wird, greift der Brauer zu einem vielfach angewendeten Hilfsmittel, um durch Erwärmen die den Glanz und die Klarheit des Bieres gefährdende Entwicklung von Mikroben zu unterdrücken, nämlich
10 zu dem sogen. Pasteurisieren (vgl. § 122 d. 21. Kap. d. I. Bds.). Bisher wird das Pasteurisieren nur mit Flaschenbieren durchgeführt, obwohl in neuerer Zeit sich die Versuche mehren, auch Bier im Transportfasse selbst zu pasteurisieren, leider bisher nur mit wenig Erfolg.

Beim Pasteurisieren des Bieres sind einige Momente wirksam, welche
15 beim Pasteurisieren des Weines, der Milch oder des Obstes nicht zur Geltung kommen. Die Erwärmung des Bieres findet in geschlossenen Gefäßen unter Druck statt und der Erfolg wird durch den Alkohol, die Kohlensäure und den (Milch-)Säuregehalt, sowie durch den Extrakt des Bieres beeinflußt. Dieser spielt insofern eine wichtige Rolle, als
20 eine Reihe von unliebsamen Begleiterscheinungen auf seine eigenartige Zusammensetzung zurückzuführen ist.

Die Pasteurisiertemperatur, wie sie gegenwärtig in der Praxis angewendet wird, übersteigt erheblich die von PASTEUR für Wein angegebenen 50—55° C und kann in der Regel mit 70° angenommen
25 werden, welche Temperatur man eine halbe Stunde einwirken läßt. Auf die Zeit, auf die Einwirkungsdauer kommt es wesentlich an: je niederer die Temperatur ist, desto länger muß sie einwirken, und rascheres Pasteurisieren verlangt höheren Temperaturgrad. Die Angaben sind daher ungleich, so bei THAUSING 50° durch anderthalb bis zwei Stunden,
30 J. C. LINTNER zwei Stunden bei 50—60° und C. F. GABEL (1) 69—70° durch eine Stunde. Als Grundsatz kann aber gelten: die Höhe der anzuwendenden Pasteurisiertemperatur richtet sich ganz nach dem zu erreichenden Zwecke, weshalb am besten die Pasteurisiertemperatur für jeden einzelnen Fall durch Vorversuche ermittelt wird. Die Pasteurisier-
35 technik stützt sich eigentlich nur auf solche praktische Versuche, da wissenschaftliche Versuche in dieser Beziehung kaum gemacht worden sind. Bei Wein hatte C. SCHULZE (1) festgestellt, daß die Hefe in jenem bei 45° nach einer Einwirkung von zwei Stunden abgestorben ist: im Moste verträgt sie 50° durch sechs Stunden, während sie bei 60° schon
40 in einer halben Stunde getötet ist. Ferner sehen wir aus den Versuchen T. W. TULLO's (1), daß Brauereihefe in Wasser und Zuckerlösung schon bei 52° sehr rasch abstirbt; fünf Minuten langes Erhitzen verträgt sie nur bei 51°. Brennereihefe und *Saccharomyces ellipsoideus II* halten sich noch bei 54°, während andere wilde Hefen, wie *Sacch. Pastorianus III*,
45 schon bei 49°, *Sacch. anomalus* bei 51° zugrunde gehen. Für Bakterien des Weines oder Bieres fehlen solche Untersuchungen und wir können nur aus den Versuchen IB. VAN GEUNS' (1) ersehen, daß fast sämtliche Spaltpilze durch kurzes Verweilen (eine und eine halbe Minute) bei 80° getötet oder doch stark abgeschwächt werden, allerdings aber in Nähr-
50 gelatine. Die Pasteurisiertemperatur muß daher besonders mit Rücksicht auf die Bakterien höher gewählt werden als dies für die Hefe

nötig wäre, doch genügt in der Regel ein *halbstündiges Aushalten von 70° C* für die Zwecke der Praxis.

Es ist als ein seltener Fall zu bezeichnen, wenn so pasteurisiertes Bier eine Verderbnis durch Mikroben zeigt, welche nur dann eintritt, falls ungleiche Erwärmung der Flasche im Pasteurisierapparate oder nachträglich Infektion stattgefunden hat. So beobachtete C. BLEISCH (1) Bakterientrübung infolge schlechter Korke, in deren Poren sich häufig auch Schimmel findet. Pasteurisierte Biere erweisen sich in der Regel auch bei eingehender biologischer Untersuchung frei von lebenden Sproß- und Spaltpilzen, und es finden sich in den Kulturen höchstens noch unvollkommene Mycelien höherer Pilze, welche im Biere aber nicht entwicklungsfähig sind. So pasteurisierte Biere sind daher praktisch keimfrei.

Dagegen machen sich in pasteurisierten Bieren *Veränderungen* anderer Art unangenehm bemerkbar. Vor allem stellt sich ein eigentümlicher Kochgeschmack, der sogen. *Brotgeschmack* oder *Pasteurisiergeschmack*, ein, welcher um so auffälliger ist, je länger und höher pasteurisiert wurde. Seine eigentliche Ursache ist nicht bekannt, doch kann er durch diskontinuierliches Pasteurisieren bei niederer Temperatur vermieden werden. Noch mißlicher ist eine zweite Veränderung: in pasteurisierten Bieren tritt fast stets eine feine *Trübung* und Absatzbildung ein. H. WILL (4) hat diese Ausscheidungen eingehend beschrieben, welche alle auf Eiweißsubstanzen zurückzuführen sind. Sie können vermieden werden, wenn schon bei der Bereitung des Malzes und der Erzeugung des Bieres Rücksicht auf den Endzweck genommen wird, da die Hauptursache in der Zusammensetzung des Bieres gelegen ist; manche Sorten zeigen starke, manche schwache Pasteurisiertrübung. Auch die *Farbe des Bieres* erleidet durch das Pasteurisieren eine Veränderung, das Bier färbt nach; als Seltenheit wurde auch eine rote Verfärbung beobachtet.

Wenn wir schließlich die Veränderung, welche der biologische Bestand des Bieres durch das Pasteurisieren erfährt, besprechen, so können wir uns sehr kurz fassen, da lebensfähige Zellen von Organismen, wie schon erwähnt, nur vereinzelt vorkommen und Arten angehören, die keine praktische Bedeutung haben. Unter dem Mikroskope zeigen die Hefenzellen die Einwirkung der höheren Temperatur in verschiedenem Maße je nach dem Hitzegrade, welcher zur Anwendung kam. Manchmal ist das Plasma wie geronnen oder zeigt doch das Aussehen jenes der toten Zellen; meist sind die Zellen selbst nicht prall sondern mehr oder weniger geschrumpft. In anderen Fällen aber ist kaum ein Unterschied gegenüber dem gewöhnlichen Aussehen der in Bierabsätzen sich vorfindenden Zellen zu bemerken, und nur der Mangel jeder sprossenden Zelle läßt auf pasteurisiertes Bier schließen. Die Bakterien lassen höchstens durch stärkere Lichtbrechung die Wirkung des Pasteurisierens erkennen.

Literatur

zum Kapitel Betriebskontrolle.

*Adametz, Leopold, (1) Mitt. d. Oesterr. Versuchsstation f. Brauerei u. Mälzerei in Wien, 1888, H. 1, S. 19. *Bauer-Breitenfeld, von, (1) American Brewer, 1904, Nr. 11. *Behrens, Joh., (1) W. f. Brauerei, 1896, Bd. 13, S. 802. — (2) Ber. d. Großherzogl. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg für 1902, Karlsruhe 1903, S. 13. *Bergsten, Carl, (1) W. f. Brauerei, 1904, Bd. 21, S. 8. *Bleisch, C., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1902, Bd. 25, S. 149. *Brand, Josef, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 115. *Burri, Robert, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 10, S. 756. *Chrczaczsz,

T., (1) W. f. Brauerei, 1902, Bd. 19, S. 590. ***Desmazières,** (1) Ann. sciences nat., 1826, Bd. 10, S. 42. ***Fürnrohr,** O., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 879. ***Gabel,** C. F., (1) Allgem. Zeitschr. f. Bierbrauerei u. Malzfabr., Wien, 1903, Bd. 31, S. 432. ***van Geuns,** Ib., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1889, Bd. 12, S. 353. ***Hansen,** E. Chr., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1879, Bd. 1, S. 49. — (2) Oesterr. Brauer- u. Hopfenzeitg., Prag, 1888, S. 223. — (3) Unters. a. d. Praxis d. Gärungsindustrie, 2. Heft, München 1892. — (4) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1888, Bd. 11, S. 1. ***Henneberg,** A., (1) W. f. Brauerei, 1903, Bd. 20, S. 438. ***Hesse,** W., (1) Mitt. a. d. Kais. Ges.-Amt, 1884, Bd. 2. ***van Hest,** J. J., (1) W. f. Brauerei, 1903, Bd. 20, S. 651. ***Hoffmann,** J. F., (1) Das Versuchskornhaus, Berlin 1904, S. 202 u. 205. ***Holm,** J. Chr., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1893, Bd. 16, S. 78. ***Holm,** J. Chr., und **Poulsen,** S. V., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1886, Bd. 2, S. 88. ***Jörgensen,** Alfr., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1891, Bd. 14, S. 45. ***Klöcker,** Alb., (1) D. Gärungsorganismen etc., Stuttgart 1900. ***Lafar,** Fr., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1894, Bd. 17, S. 10. — (2) Ebenda, 1897, Bd. 20, S. 679. ***Lasché,** A., (1) Der Braumeister, Chicago, 1891, S. 150. ***Lindner,** Paul, (1) W. f. Brauerei, 1896, Bd. 13, S. 552. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 18, S. 286. — (3) Ebenda, 1901, Bd. 18, S. 699; 1902, Bd. 19, S. 277. — (4) Ebenda, 1902, Bd. 19, S. 289. — (5) Ebenda, 1903, Bd. 20, S. 114. — (6) Ebenda, 1904, Bd. 21, S. 166. (7) Jahrbuch d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1904, Bd. 7, S. 459. — (8) Mikroskop. Betriebskontrolle in d. Gärungsgewerben, 4. Aufl., Berlin 1905. — (9) W. f. Brauerei, 1901, Bd. 18, S. 512. — (10) Ebenda, 1903, Bd. 20, S. 57. — (11) Ebenda, 1893, Bd. 10, S. 778. — (12) Ebenda, 1892, Bd. 9, S. 50. ***Lindner,** P., und **Matthes,** P., (1) W. f. Brauerei, 1904, Bd. 21, S. 89. ***Lindner,** P., und **Schellhorn,** B., (1) W. f. Brauerei, 1900, Bd. 17, S. 505. ***Luff,** G., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 573. — (2) Der deutsche Bierbrauer, 1904, S. 55. — (3) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 524. — (4) Ebenda, S. 601. ***Miquel,** P., (1) Annuaire de l'Observatoire de Montsouris, Paris, 1879 u. f. ***Miyoshi,** M., (1) Botan. Mag. Tokio, Bd. 9, S. 403. ***Mumme,** P., (1) W. f. Brauerei, 1902, Bd. 19, S. 295. ***Petri,** R. J., (1) Centralbl. f. Bakt., 1887, Bd. 2, S. 113. ***Prior,** Eugen, (1) Bayr. Brauer-Journal, 1891, Bd. 1, S. 97. ***Rohn,** Severin, und **Wichmann,** H., (1) Mitt. d. Oesterr. Versuchsstation f. Brauerei u. Mälzerei in Wien, 1888, H. 1, S. 79. ***Saito,** (1) Journ. College Science University Tokio, Bd. 18, Art. 5. ***Schifferer,** Anton, (1) Prakt. Betriebskontrolle e. Mälzerei- u. Brauereibetriebes, München 1901, S. 114. ***Schönfeld,** Franz, (1) W. f. Brauerei, 1901, Bd. 18, S. 274. — (2) Ebenda, S. 297. — (3) Ebenda, 1904, Bd. 21, S. 622. ***Schulze,** Carl, (1) Landw. Jahrbücher, 1895, Bd. 24, S. 400. ***Schwackhöfer,** Wilhelm, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1902, Bd. 25, S. 631. ***Törnell,** Victor, und **Morell,** Erik, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 844. ***Tomann,** (1) Oesterr. Brauer- u. Hopfenzeitg., Prag, 1904, Bd. 17, S. 74. ***Tullo,** T. W., (1) W. f. Brauerei, 1905, Bd. 22, S. 155. ***Vogel,** H., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 65. ***Wichmann,** Heinr., (1) Allgem. Zeitschr. f. Bierbrauerei u. Malzfabr., 1904, Bd. 32, S. 298. — (2) Mitt. d. Oesterr. Versuchsstation f. Brauerei u. Mälzerei in Wien, 1892, H. 5, S. 71. ***Will,** Hermann, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1893, Bd. 16, S. 151. — (2) Ebenda, 1898, Bd. 21, S. 443, Tafel I. — (3) Ebenda, 1899, Bd. 22, S. 611. — (4) Ebenda, 1902, Bd. 25, S. 113. — (5) Ebenda, 1903, Bd. 26, S. 865. — (6) Ebenda, 1904, Bd. 27, S. 521. — (7) Brauerkalender für 1905, S. 10. — (8) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1894, Bd. 17, S. 187; 1897, Bd. 20, S. 77. — (9) Ebenda, 1894, Bd. 17, S. 315. — (10) Ebenda, 1896, Bd. 19, S. 616. — (11) Ebenda, 1901, Bd. 24, S. 289. — (12) Ebenda, S. 745. — (13) Ebenda, 1902, Bd. 25, S. 703. ***Will,** H., und **Braun,** R., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 521. ***Wood-Smith,** R. F., (1) J. federated Inst. Brewing, 1898, Bd. 4, S. 115. ***Zeidler,** A., (1) W. f. Brauerei, 1890, Bd. 7, S. 1213. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 729. ***Zikes,** Heinr., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1904, Bd. 13, S. 543. — (2) Mitt. d. Oesterr. Versuchsstation f. Brauerei u. Mälzerei in Wien, 1903, H. 11, S. 20.

8. Kapitel.

Bierkrankheiten.

Von

Just. Chr. Holm, Alb. Reichard, Prof. Dr. H. Will.[1])

§ 50. Einleitung. Hefentrübung: Geruchs- und Geschmacksstörungen in untergärigen Bieren durch wilde Hefen.

Unter Krankheiten verstehen wir hier die unangenehmen Veränderungen, welche ein Bier infolge des Eingreifens von Mikroorganismen erleiden kann. Chaptal (1) mag wohl der erste gewesen sein, welcher 5 den Ausdruck „Krankheit" — und zwar nicht von Bier sondern von Wein — gebraucht hat, wie er auch in dieser Beziehung von einer „Vegetation" spricht. Man darf jedoch auf diese Aeußerungen nicht viel Gewicht legen; sie haben auch keinen merklichen Einfluß auf den Gang der Forschung gehabt. Erst bei Bail (1) findet man eine Andeutung 10 darüber, daß einige der Alkoholgärungspilze möglicherweise selbst auch als Krankheitserreger auftreten können; über Versuche wird jedoch noch nichts berichtet. Dasselbe ist bei Reess (1) der Fall, welcher auf die Möglichkeit hinweist, daß das Wechseln der Hefe, damals ein in Brauereien übliches Verfahren, etwa darin begründet sein könnte, daß die 15 Hefe von verschiedenen, in den Lokalen befindlichen Pilzen verunreinigt werde, und daß letztere während ihres Wachstums in schädigender Weise in die Wirksamkeit der Hefe eingreifen. Auch spricht er die Vermutung aus, daß neben *Saccharomyces cerevisiae* zugleich Alkoholgärungspilze, welche schädliche Gärungen bewirken, auftreten können. 20 Auch Holzner (1) und C. Lintner (1) geben Mitteilungen über Krankheiten im Biere, die durch Alkoholgärungspilze hervorgerufen werden, auf die wir bei Besprechung der Flughefe zurückkommen werden. Später war die allgemeine Auffassung eine andere geworden: es seien nicht fremde Arten, welche von außen her in die Brauereihefe eindrangen um 25 hier mit dieser in Konkurrenz zu treten, sondern vielmehr eine Ausartung der Brauereihefe selbst unter verschiedenen Ernährungsbedingungen. Solche Auffassungen, welche besonders von Cienkowski (1) und Harz (1) ausgesprochen wurden, indem sie meinten, daß die Hefenzellen einer grenzenlosen und schnellen Variation unterworfen wären, und daß 30 es keine bestimmten *Saccharomyces*-Arten gab, mußten ja zu der ganz natürlichen Schlußfolgerung führen, daß es auch keine Krankheitshefen gäbe. Dies alles waren noch immer nur Diskussionen; exakte Versuche wurden nicht gemacht, weder von den obengenannten Forschern noch von Pasteur (1), welcher im Jahre 1876 auch die Frage über die Bier- 35 krankheiten, die durch Alkoholgärungspilze verursacht werden, diskutiert,

[1]) Es sind eingelaufen:
§§ 50—58 von H. Just. Chr. Holm, Laboratoriumsvorstand in Kopenhagen, am 7. 8. 1905,
§§ 59—61 „ „ Alb. Reichard, Vorstand des Betriebslaboratoriums der Spatenbrauerei in München, am 8. 8. 1905,
§ 62 von H. Prof. Dr. H. Will in München am 22. 8. 1905.

obwohl in dieser Richtung vornehmlich die Bakterien seine Aufmerksamkeit in Anspruch genommen haben. In der Hefenfrage bewegt er sich zwischen den einander entgegengesetzten Auffassungen seiner Vorgänger, ohne ein wirkliches Resultat zu erreichen. Wie bekannt, gibt PASTEUR auch kein Mittel an, wie man aus einer unreinen Stellhefe eine reine bekommen kann; sein Verfahren zur Reinzüchtung oder vielmehr Reinigung der Hefe zielt ja nur darauf ab, die Bakterien zu töten (vergl. S. 75). So wenig Verständnis für den Kernpunkt dieser wichtigen Frage herrschte noch im Jahre 1876. C. LINTNER (2), welcher seine frühere Auffassung geändert hat, ist im Jahre 1880 nun der Meinung, daß die unregelmäßigen Gärungen und die fehlerhaften Biere — er spricht besonders von Hefentrübungen — teils vom schlechten Malz herrühren, teils aber auch darin ihre Ursache haben, daß die Brauer mit einer ungenügenden Menge Hefe ihre Würze anstellen, und daß sie die Gärung bei einer zu niedrigen Temperatur führen. Es sind also jetzt die Ernährungsverhältnisse, unter welchen die Brauereihefe sich befindet, welche die Krankheiten hervorrufen sollen. Die Diskussionen über die Ausartung und Umbildung der Hefe treten wieder in den Vordergrund, und die Forscher, welche sich dieser Meinung anschließen — außer LINTNER besonders HOLZNER, DELBRÜCK und HAYDUCK — stützen sich auf die von NÄGELI (1) im Jahre 1879 aufgestellten physiologischen Theorien. Man hatte sich jetzt von der Lehre über bestimmte Arten vollständig entfernt. Das Experiment war auf diesem Gebiete noch nicht eingeführt worden.

Durch die Untersuchungen HANSEN's (5) in den Jahren 1882 und 1883 sind wir zu einem Wendepunkt gekommen. In wenigen Zeilen hat ALFRED JÖRGENSEN (2) die folgende Charakteristik davon gegeben: „Der erste Schritt zum wirklichen Verständnis der Zusammensetzung der Hefe wurde gemacht, als HANSEN im Jahre 1883 die verschiedenen Hefenarten in absolut reinen Kulturen darstellte und experimentell nachwies, daß es nicht nur verschiedene Arten von dem sogenannten *Saccharomyces cerevisiae*, von *Sacch. Pastorianus*, von *Sacch. ellipsoideus* usw. gibt, sondern daß in der Hefe, wie sie in der Praxis verwendet wird, Hefenarten, welche Krankheiten im Biere erregen, sich befinden. Von den unter dem Namen *Sacch. cerevisiae* zusammengefaßten Bierhefen zeigte HANSEN außerdem, daß sie Gärungsprodukte verschiedener Beschaffenheit geben, und daß eine einzige Hefenart imstande ist, die ganze Gärung, Nachgärung wie Hauptgärung, durchzuführen." Es bot sich bald eine Gelegenheit dar, HANSEN's Methoden in der großen Praxis zu prüfen. Zwei große Brauereien in Dänemark, Tuborg und Alt-Carlsberg, wurden in den Jahren 1881—1883 von gefährlichen Bierkrankheiten heimgesucht, und zwar war das Bier in der ersteren Brauerei hefentrüb geworden, während es in der letzteren einen sehr unangenehmen bitteren Geschmack angenommen hatte. Die Betriebshefe dieser Brauereien wurde in ihre Bestandteile zerlegt, Reinkulturen wurden dargestellt und Gärungsversuche ausgeführt, teils mit jeder Art für sich, teils mit Mischungen von denselben, um die gute Brauereihefe von den Krankheitshefen unterscheiden und die Wirkung dieser letzteren auf die Biere genau studieren zu können. Das erhaltene Resultat ging dahin, daß die oben erwähnten Krankheiten durch Hefenarten hervorgerufen waren, welche von den Kulturhefen, von denen jede für sich allein gutes Bier gab, total verschieden waren. Es war also jetzt zum ersten Mal durch exakte Versuche festgestellt worden, daß die zwei häufigen Bierkrankheiten, Trübung und unangenehmer bitterer Geschmack, durch besondere Spezies von

Saccharomyceten („Krankheitshefen") hervorgerufen werden. Wir werden nun diese Krankheiten etwas näher betrachten.

Die Hefentrübung wird von Hansen (7) in folgender Weise beschrieben: „Gleich nach dem Abziehen des angegriffenen Bieres in den kalten Lagerkellern nach Schluß der Lagerung war dasselbe klar und 5 scheinbar fehlerfrei; nachdem es aber in den Fässern oder Flaschen, in welche es abgezogen war, einige wenige Tage einer höheren Temperatur als der des Lagerkellers ausgesetzt war, z. B. nur gewöhnlicher Zimmerwärme, so bildete sich ein mehr oder weniger reichlicher Hefenbodensatz, der bei einer auch nur ziemlich geringen Bewegung der Flüssigkeit 10 diese trübte. Bei starker Entwicklung der Krankheit wurde das davon ergriffene Bier bereits ein paar Tage nach dem Abzapfen so hefentrüb, daß es ganz und gar untrinkbar wurde." Das Bier ist also auf den Lagerfässern vollkommen klar, und es ist auf die während des Abzapfens auf kleine Fässer oder Flaschen bewirkte Lüftung und auf die später 15 eintretende höhere Temperatur zurückzuführen, wenn die im Biere vorhandenen wilden Hefen dann zu starker Vermehrung gelangen. Diese Zellen bilden einen sehr locker liegenden Hefenbodensatz. Daß man hier mit wilder Hefe zu tun hat, darüber wird eine gewöhnliche Gipsblock-Kultur mit Hefenzellen direkt vom Bodensatz genommen uns leicht 20 überzeugen können.

Es war, wie oben gesagt, in dem Tuborger Bier, in welchem Hansen diese Krankheit zuerst ausfindig machte, und es gelang ihm, aus der Betriebshefe dieser Brauerei nicht weniger als zwei verschiedene wilde Hefenarten abzuscheiden, von welchen jede für sich imstande ist, die 25 obengenannte Krankheit hervorzurufen. Es sind die zwei in der Literatur unter den Namen *Saccharomyces Pastorianus III* und *Saccharomyces ellipsoideus II* wohlbekannten und im 9. Kapitel des IV. Bandes genauer gekennzeichneten Arten; von diesen ist die letztere die am meisten gefährliche. Durch die umfassenden Untersuchungen Hansen's (11), welche 30 darauf abzielten, Klarheit darüber zu bekommen, in wie großer Menge die Krankheitshefe in der Stellhefe vorhanden sein muß, um die Krankheit hervortreten zu lassen, und welchen Einfluß eine geringere oder stärkere Attenuation in der Hauptgärung sowie eine kürzere oder längere Zeit der Lagerung ausüben würde, wurden folgende Resultate erreicht 35 (die Versuche sind alle unter Brauereiverhältnissen in besondern Gär- und Lagerkellern gemacht worden). Die Krankheit kann eintreten, wenn *Sacch. Past. III* oder *Sacch. ellipsoideus II* nur $^1/_{41}$ der Anstellhefe beträgt, aber nur, wenn das Bier mit einem Extraktgehalte von wenigstens 7.5 Proz. Balling in den Lagerkeller gebracht 40 wurde, und wenn die Lagerung unter diesen Verhältnissen nach $2^1/_2$ Monaten unterbrochen wurde. Wurde die Gärung dagegen im Gärkeller weiter fortgeführt, so daß der Extraktgehalt auf 6.7 Proz. Ball. heruntergging, und lagerte man dieses Bier wenigstens 3 Monate lang, so zeigte sich die Krankheit nicht mehr. Es zeigte sich außerdem durch die 45 vielen Versuche Hansen's, daß die beiden Krankheitshefen die Krankheit nicht hervorrufen, wenn sie erst am Ende der Hauptgärung dem Biere zugefügt werden. Wenn das Bier erst nach beendigter Lagerung mit den beiden Arten in Berührung kommt, also in den kleinen Fässern und in den Flaschen, war das Re- 50 sultat das folgende: Erstens zeigte sich, wie auch bei den oben erwähnten Versuchen, der *Sacch. ellipsoideus II* als der kräftigere von beiden Krankheitshefen. Ferner war die Wirkung der Infektion eine

bedeutendere, wenn sie mit jungen, kräftigen Zellen, als wenn sie mit der einer langwierigen Gärung entstammenden Vegetation (Zellen von Faßgeläger) vorgenommen wurde. Damit *Sacch. Past. III* sich unter diesen Verhältnissen geltend machen konnte, mußten so große Mengen 5 davon zugegeben werden, wie sie wohl kaum in der Praxis vorkommen. Die andere Art, *Sacch. ellipsoideus II*, verhielt sich etwas anders. Wenn die zur Infektion angewendete dünnflüssige Hefe aus jungen Zellen bestand, war es hinreichend, einen Tropfen davon in jede Flasche zu bringen, um zu bewirken, daß das Bier nach 14 Tagen hefentrüb wurde. 10 Diese Art wird sonach auch in diesem Punkte in der Praxis Störungen hervorrufen können.

Eine starke Lüftung des Bieres während des Abziehens, sowie mangelhafter Verschluß der Flaschen fördert die Entwicklung wilder Hefenzellen. Schwach vergorenes und an Extrakt reiches Bier ist denn 15 auch der Ansteckung mehr ausgesetzt als andere Biere.

Während diese Hefen Trübungen hervorrufen, und zwar besonders dann, wenn sie schon in der Anstellhefe vorhanden sind, geben sie dem Biere keinen unangenehmen Geschmack und Geruch. Diese Arten sind nicht nur (von Hansen) in dänischen Brauereien, sondern auch sowohl 20 in französischen (von Kokosinski) wie in amerikanischen Brauereien (von Lasché) beobachtet worden. Hefen, die sowohl Trübung wie schlechten Geschmack geben, sind z. B. von Will gefunden worden und sollen später erwähnt werden. Unter gewissen Verhältnissen kann auch *Sacch. Past. I* Hefentrübung verursachen.

25 **Unangenehmer Geschmack und Geruch** treten nicht nur in dem fertig gelagerten Biere, sondern auch schon in der gärenden Würze am Ende der Hauptgärung auf. Als Erreger dieser Krankheit hat Hansen (11) den *Saccharomyces Pastorianus I*, welcher seinerzeit in dem Carlsberg-Bier auftrat, nachgewiesen. Nach seinen Versuchen tritt die Krank-30 heit nur dann auf, wenn die Infektion am Anfang der Hauptgärung stattfindet. Wenn ein Fünftel der Stellhefe aus *Sacch. Past. I* bestand, trat die Krankheit in ausgeprägtem Grade auf: wenn diese Hefenart ein Zweiundzwanzigstel der Stellhefe betrug, konnte sie nur noch eben verspürt werden. Wenn die Infektion erst in den 35 Lagerfässern oder am Ende der Lagerung im fertigen Biere erfolgt, bleibt sie wirkungslos, wenn nicht verhältnismäßig große Mengen zugegeben werden. Nicht nur auf den Geschmack und Geruch, sondern auch auf die Haltbarkeit des Bieres kann *Sacch. Past. I* in schädlicher Weise einwirken, sogar in kleiner Gabe (ein Zweiundzwanzigstel der 40 Anstellhefe). Auch eine Benachteiligung der Klärung am Ende der Hauptgärung ist bemerkt worden. Unter den Forschern, die später sich mit diesen Fragen beschäftigt haben, ist Grönlund (1) zu erwähnen, welcher die letztgenannte Art in einem anderen dänischen Lagerbier nachgewiesen hat, wo sie ganz ähnliche Krankheitserscheinungen hervor-45 rief. Will (2) beschreibt zwei wilde Hefenarten, die er aus kranken Bieren isoliert hat. Die eine gibt dem Biere einen eigentümlichen süßlichen nachher bitteren kratzenden Geschmack. Selbst bei Gegenwart von nur sehr geringen Mengen (0,1 Proz.) in der Stellhefe war das Bier bei 4—5° C öfters noch nach 2 Monaten durch die wilde Hefe getrübt. 50 Diese Hefe hat eine starke Gärungsenergie und Vermehrung und ist die gefährlichere von den beiden. Die andere gibt einen süßlichen metartigen und unangenehm aromatischen Geschmack; der Nachgeschmack ist ungemein bitter, herb und adstringierend. Der Geruch ist aromatisch

wie nach fauligem Obst. Bei Beimengungen von ca. 29 Proz. der wilden Hefe war der Geschmack sehr stark ausgeprägt und konnte auch bei ca. 5 Proz. noch immer erkannt werden. Die Hefe verursacht eine Verfärbung des Bieres, es wird heller und bekommt ein fuchsiges Aussehen.

Mitteilungen über wilde Hefenarten, welche eine Verringerung der 5 Haltbarkeit und zugleich einen üblen Geschmack des Bieres bewirken, sind auch von KRIEGER in der Brauerei-Station in New-York und von LASCHÉ in der Brauerei-Station in Chicago gemacht worden. WINDISCH (1) hat mit einer wilden Hefe aus der Gruppe *Sacch. Pastorianus* Versuche gemacht; die mit dieser Art infizierten Biere wurden nicht blank und 10 hatten einen unangenehmen bitteren Geschmack mit kratzendem Nachgeschmack.

Bisher wurde die Gegenwart von wilden Hefen wesentlich unter dem Gesichtspunkte betrachtet, daß sie Geschmacksveränderungen und Trübungen im Biere verursachen können. Die nachfolgenden Versuche 15 von C. BECKER (1) ergeben genügende Anhaltspunkte, die Gegenwart von wilden Hefen bei Betriebsstörungen auch von dem Gesichtspunkte aus zu beurteilen, daß einzelne Arten unter Umständen nicht nur bei abnormen Gärungen in Betracht zu ziehen sind, sondern daß durch die gleichzeitige Gegenwart mehrerer Arten und deren Zusammenwirken mit 20 Kulturhefe der **Gärungsvorgang** wesentlich **beeinflußt** werden kann. Eine Brauerei klagte über hohe Vergärung wie auch darüber, daß sie ihr Bier nicht spunden könne, und daß es im Lagerkeller gegen geringe Temperaturschwankungen sehr empfindlich sei. Sobald die Temperatur etwas stieg, trat Nachgärung ein. Die Untersuchung ergab als Resultat 25 viel wilde Hefe und zwar zwei verschiedene Arten. Da angenommen werden konnte, daß die Nachgärung davon herrühren könne, daß die wilden Hefen dextrinvergärend seien, wurden in dieser Hinsicht Versuche gemacht. Das Resultat war aber ein negatives. Ferner wurden Versuche angestellt, um den Vergärungsgrad der wilden Hefen im Ver- 30 gleich mit bekannten Kulturhefen festzustellen und um eine eventuell durch die wilden Hefen hervorgerufene Geschmacks- und Farbenveränderung, sowie Trübung zu konstatieren. Es zeigte sich, daß die beiden wilden Hefen einen ziemlich niedrigen Vergärungsgrad hatten und dem Biere einen etwas bitteren, faden Geschmack erteilten, dagegen 35 wurde die Farbe nicht beeinträchtigt, und die Biere waren blank. Versuche, um das Zusammenwirken der Kulturhefe (Reinkultur) mit den wilden Hefen zu studieren, gaben folgende Resultate. Kolben mit Kulturhefe und 1 Proz. (bezw. 2 Proz.) von einer der wilden Hefen oder beiden vermischt, zeigten die merkwürdige Erscheinung, daß die Angärung viel 40 heftiger verlief, und daß die Gärung länger andauerte als in den Kolben, die nur mit Kulturhefe geimpft waren. Wurde die wilde Hefe erst nach der Hauptgärung zugesetzt, so fiel die Gärung nicht stürmisch aus, sondern dauerte länger (11 Tage) als in den Kolben mit der Kulturhefe allein (7 Tage). Die Vergärung war überall, wo 1 Proz. wilde Hefe zu- 45 gesetzt worden war, eine größere. Die Haltbarkeit war überall eine gute; wo wilde Hefe vorhanden war, zeigte sich der bittere Geschmack. Es scheint, als ob diese wilden Hefen, wenn sie in einem bestimmten Verhältnis und gleichzeitig mit der Kulturhefe tätig sind, auf diese letztere anregend wirken, ihr gewissermaßen als Reizmittel dienen. Um 50 zu erfahren, ob bei Temperaturschwankungen eine Nachgärung eintreten werde, wurden Gärungen bei 6° vorgenommen, und die Biere nach der Gärung in eine höhere Temperatur gebracht. In sämtlichen Proben, mit

Ausnahme derer, in welchen sich das Bier von der reinen Kulturhefe befand, trat Nachgärung ein. Also im ganzen ähnliche Erscheinungen, wie sie in der Praxis auftraten. C. BLEISCH hat in einer anderen Brauerei einen gleichen, wenn auch nicht so scharf ausgeprägten Fall 5 des Einflusses wilder Hefen auf die Gärung beobachtet, so daß der erwähnte Fall nicht vereinzelt im praktischen Betriebe vorzukommen scheint.

Dem Ausdruck **Flughefe** wird man schon früh in der zymotechnischen Literatur begegnen können. Die Brauer verstanden darunter kleine, leichte Zellen, die nur mit Schwierigkeit sich zu Boden setzen 10 und längere Zeit sich im Biere schwebend halten und dies trübe machen. Schon HOLZNER (1) und C. LINTNER (1) fanden in Bieren, die hefentrüb geworden waren, zahlreiche kleine Hefenzellen, die sie für die von REESS (1) beschriebene Art (*Saccharomyces exiguus*) hielten. Und ENGEL (1) untersuchte eine Bierkrankheit bei dem Brauer Gruber in Straßburg, fand 15 kleine Hefenzellen und betrachtete sie als die Ursache der Krankheit. In den folgenden Jahren findet man in den Brauerei-Zeitschriften immer wieder Klagen über Störungen in der Gärung und über Verluste und Schwierigkeiten durch Krankheiten im Biere, und fast immer wird dann, z. B. von LINTNER (2), als Erreger dieser Kalamität die unangenehme 20 „Flughefe“, *Sacch. exiguus*, erwähnt. Diese Theorien werden aber wieder aufgegeben, und man wendet sich, wie früher gesagt, gegen die Ernährungsverhältnisse als die vermuteten eigentlichen Ursachen der Bierkrankheit. Es war nun die Brauereihefe selbst, welche einer Umbildung unterworfen wurde und dadurch in Flughefe verwandelt werden sollte. 25 Es waren damals nur mikroskopische Untersuchungen und allgemeine Betrachtungen, auf welche man sich stützte; Experimente wurden gar nicht gemacht. Die Frage über *Sacch. exiguus* und dessen Auftreten in kranken Bieren wurde erst von HANSEN (11) zum Gegenstand einer experimentellen Untersuchung gemacht. Das Resultat war, daß sogar 30 eine starke Zugabe von *Sacch. exiguus* E. Ch. HANSEN am Anfang der Hauptgärung, am Schluß derselben oder am Schluß der Lagerung keine Krankheitserscheinungen im Lagerbier hervorruft. Es ist natürlich nicht möglich zu entscheiden, was es eigentlich für Hefenzellen gewesen sind, an welche man in der Periode, in welcher *Sacch. exiguus* REESS 35 eine so große Rolle spielte, gedacht hat. Seitdem man aber die Bierkrankheiten einer experimentellen Behandlung unterzogen hat, ist von dieser Hefenart nicht mehr die Rede gewesen.

§ 51. Durch wilde Hefen in obergärigen Bieren hervorgerufene Krankheiten; Summercloud, Burton Stench.

40 In den Ländern, in welchen eine längere Gärung sowie Lagerung des obergärigen Bieres nicht stattfindet, wird kaum davon die Rede sein, daß Krankheitshefen sich entwickeln können, und die großen Ansprüche an Geschmack und Aussehen, die in einem so hohen Grade sich geltend machen, wenn von untergärigen Bieren die Rede ist, werden 45 hier nicht gemacht. In den Ländern dagegen, in denen das obergärige Bier einer wirklichen Nachgärung und Lagerung ausgesetzt wird, wie z. B. in England und Holland, spielen, wenn von Störungen im Betriebe die Rede ist, die wilden Hefen sicher eine ebenso große Rolle wie in den untergärigen Brauereien.

50 H. VAN LAER (3) bespricht die fehlerhaften Nachgärungen ober-

gäriger Biere in England, wobei entweder heftige Gärung statt der normalen langsamen Nachgärung eintritt, und das Bier trübe erscheint, oder erst langsame und dann heftige Gärung einsetzt und das Bier wolkig aussieht, oder endlich das Bild nur Hefentrübung ohne heftige Gärung zeigt. Im ersten Falle findet man leicht elliptische oder gestreckte, sich pulverig absetzende Hefen, im zweiten solche von verschiedener Form. Schließlich klärt sich das kranke Bier von selbst. Er nennt diese Hefen „fremde Hefen", und hier muß wohl von einer Krankheit durch wilde Hefen die Rede sein. ALFRED JÖRGENSEN (3) hat in einem englischen obergärigen Biere, welches trüb (fretty) geworden war, eine sehr kräftige Vegetation einer zu der Gruppe *Saccharomyces anomalus* gehörenden Art gefunden; diese hatte sich im Bier (Ale) so stark entwickelt, daß jede andere Hefe vollständig zurückgedrängt war. Dieselbe trat deutlich als biertrübende Hefe auf. CHAPMAN (1) teilt mit, daß den Untersuchungen zufolge, welche er in England gemacht hat, Krankheiten in Bieren durch wilde Hefen hervorgerufen, viel häufiger sind, als man glaubt; und er bemerkt, daß viele der schlechten Resultate, welche in Brauereien oftmals erreicht und auf andere Ursachen zurückgeführt wurden, in der Tat einer oder vielleicht mehreren krankheitserregenden Spezies zu verdanken waren. So ist seiner Meinung nach der unter dem Namen Yeast-bite allgemein bekannte bittere Geschmack in mehreren Fällen die Folge einer Infektion mit *Saccharomyces Pastorianus I* oder ähnlichen wilden Hefenarten. In zwei alten Brauereien, und zwar eine in London und eine auf dem Lande, in welchen das Bier einen intensiven bitteren Geschmack bekommen hatte, ist es ihm gelungen, nachdem er die wilde Hefe isoliert hatte, durch zahlreiche exakte Versuche nachzuweisen, daß man hier mit *Saccharomyces Pastorianus I* zu tun hatte.

In Australien tritt in den obergärigen Bieren eine Krankheit auf, welche Summer-cloud genannt wird und sich dadurch kund gibt, daß das Bier trübe wird und einen säuerlich-bitteren Geschmack annimmt. Die Krankheit wird als eine der größten Fatalitäten in den Brauereien jenes Weltteiles erwähnt. DE BAVAY (1) in Melbourne hat durch eine experimentelle Untersuchung dargetan, daß diese Krankheit durch einen Saccharomyces verursacht wird. FREW (1) spricht über verschiedene Ursachen von „Stench" (Gestank) im Biere und erwähnt den sogen. Burton-Stench, der durch die Gegenwart und das Wachstum einer wilden Hefe (*Saccharomyces foetidus I*) bedingt ist. Die Krankheit tritt wahrscheinlich ausschließlich während der Nachgärung auf. Der besondere Geruch nach Schwefelwasserstoff oder verdorbenen Eiern ist nicht an Schwefelwasserstoff oder irgend eine Schwefelverbindung geknüpft, sondern wahrscheinlich durch die Gegenwart gewisser Fettsäuren oder höherer Alkohole, welche durch die „Stinkhefe" erzeugt werden, bedingt. Vom Verfasser angestellte Versuche haben gezeigt, daß Biere, welche aus Wässern mit wenigen oder gar keinen Sulfaten gebraut waren, der Entwicklung von Organismen und den Krankheitserscheinungen einen günstigeren Boden darbieten als solche, bei welchen Wasser mit hohem Gehalt an schwefelsauren Salzen verwendet wurde.

Wir haben aus dem bisher Gesagten ersehen, daß die wilden Hefen als Regel nur dann die Krankheiten hervorrufen können, wenn sie schon zu Beginn der Gärung vorhanden sind. Diese Regel gilt in allen Fällen für die von HANSEN beschriebenen und untersuchten Arten; daß aber auch eine Infektion in einem späteren Stadium die Krankheit hervor-

rufen kann, wird auch erwähnt. So bemerkt SCHÖNFELD (10) u. a. daß die Flaschen mit Patentverschlüssen (Gummischeiben), wenn die Scheiben brüchig oder rissig sind, Anlaß zur Infektion geben können; ebenso können natürlicherweise unreine Stückfässer gefährlich sein. Uebrigens spielen hier verschiedene Faktoren, z. B. die verwendete Kulturhefe, eine bedeutende Rolle, indem nämlich einige Kulturhefen sich gegenüber wilden Hefen als widerstandsfähiger als andere zeigen. Auch die ganze Gärführung, z. B. wenn das Bier „lauter" gefaßt wird, sowie die verwendeten Temperaturen haben viel zu sagen. Zufolge MUNSCHE (1) sind die wilden Hefen „Kalthefen", d. h. sie sind weniger empfindlich gegen niedere Temperatur, während diese auf die Kulturhefe im Konkurrenzkampf hemmend wirkt; vergl. S. 142 u. 169. Diese Regel gilt aber jedenfalls nicht für alle wilde Hefen. So wird von G. SYRÉE (1) angegeben, daß er in seinen Konkurrenzversuchen mit der Kulturhefe *Frohberg* und dem *Saccharomyces Pastorianus III* gefunden hat, daß die Regel für die letztgenannte Art keine Gültigkeit hat.

Die Zusammensetzung der Würze ist durchaus nicht ohne Bedeutung für die Entwicklung der wilden Hefen. AUBRY (1) hat durch Versuche dargetan, daß, wenn die Würze unveränderte Stärke enthält, das Bier, falls wilde Hefe zugegen ist, viel leichter zur Trübung neigt, als wenn die Würze normal ist. LASCHÉ (2), welcher die Versuche wiederholt hat, fand, daß nicht nur die Zusammensetzung der Würze, sondern auch die Art der Hefe von Bedeutung war.

Durch die Lösung der Frage über Krankheiten im Biere wurde HANSEN ganz natürlich zur Darstellung der reinen Kultur einer ausgewählten Art oder Rasse geführt. Nach dem Einführen dieser Reform in den Brauereien haben die erwähnten Krankheiten indessen nicht aufgehört; sie sind, obzwar selbstverständlich vermindert, doch heutzutage noch recht häufig. Im Jahre 1903 haben die wilden Hefen den Brauereien besonders viel zu schaffen gemacht; das außergewöhnlich schlechte Malz dürfte wohl hier eine mitwirkende Ursache gewesen sein. Vermittelst der Ascosporenkulturen (s. S. 168) sind aber diese Feinde der Brauerei zufolge der Untersuchungen von J. CHR. HOLM und S. V. POULSEN (1) sowie von G. SYRÉE (1) leicht nachzuweisen, selbst wenn sie in sehr kleinen Mengen vorhanden sind, also lange bevor sie Störungen im Betriebe hervorrufen können. Auch sind die verschiedenen von P. LINDNER (12) angegebenen Kulturmethoden (z. B. Tröpfchenkultur und Adhäsionskultur) zu verwenden; Näheres darüber s. S. 171 u. f.

Daß gleichzeitig mit den durch wilde Hefen hervorgerufenen Krankheiten auch Bakterienkrankheiten auftreten können, soll hier nur bemerkt werden.

§ 52. Durch Mischungen von Brauereihefenarten (Mischsaaten) verursachte Krankheiten. Das Ausarten der Betriebshefe.

Nachdem Reinkulturen von Brauereihefenarten in den Betrieb eingeführt worden waren, ist der Gedanke, statt einer Art zwei Arten zu verwenden, besonders während der ersten Jahre oft aufgetaucht. Die Ursache war u. a. die Furcht, daß eine einzige Rasse nicht imstande wäre, die ganze Gärung, sowohl Haupt- wie Nachgärung, durchführen zu können. Man kam auch ganz natürlich auf den Gedanken, ob man nicht mittelst einer Mischung von zwei Hefenarten, von welchen z. B.

die eine ein besonders haltbares, die andere ein vollmundiges und kohlensäurereiches Bier gab, imstande wäre ein Bier darzustellen, in welchem die Eigenschaften dieser beiden Biere vereinigt seien. Es ist leicht verständlich, daß solche Mischungen sowohl die Arbeit im Betriebe mehr kompliziert machen, als auch den Analytikern größere Schwierigkeiten verursachen, und nachdem ferner durch Hansen's Versuche erwiesen ist, daß solche Mischungen Krankheiten im Biere geben können, müssen sie vermieden werden, und die Arbeit muß überall, wo es möglich ist, mit einer ausgewählten und passenden Art, welche die ganze Gärung durchführen kann, ausgeführt werden. Ueber einige von Hansen's (11) Versuchen unter den Verhältnissen des großen Betriebes mit *Carlsberg Unterhefe Nr. 1* und *Nr. 2* war schon auf S. 139 die Rede. Andere Versuche wurden in der Weise gemacht, daß die Biere jedes für sich mit diesen Hefen vergoren und erst nach der Hauptgärung vermischt wurden, so daß die Lagerfässer beide Biersorten enthielten und zwar immer größere Mengen von dem mit *Carlsberg Unterhefe Nr. 1* vergorenen und kleine Mengen von dem mit *Nr. 2* vergorenen Biere. Auch hier war das „Mischungsbier" weniger haltbar als das ausschließlich mit *Carlsberg Unterhefe Nr. 1* hergestellte.

Ueber Störungen, welche durch die Brauereihefen selbst, also durch ihr **Ausarten**, hervorgerufen werden, liegen in der Literatur nicht viele Mitteilungen vor. Wie Hansen (14) in seinen Untersuchungen über die Variation der Brauerei-Unterhefenarten im Betriebe hervorhebt, können auch diese Arten selbstverständlich sowohl nach der schlechten wie nach der guten Seite variieren. In einigen Fällen treten dann abnorme Erscheinungen (Schwierigkeiten bei der Klärung und unliebsame Geschmacksänderungen) sofort beim Einführen der Reinkultur auf, in anderen Fällen machen sie sich erst bemerkbar, nachdem die Hefe schon eine Zeitlang zufriedenstellend gearbeitet hat. Hansen (13) bespricht, welche Bedeutung es u. a. für die Arbeit der Hefe hat, ob die Würze gelüftet worden ist oder nicht, wenn die Hefe zugegeben wird; im letzteren Falle wurde das Bier opalisierend und unklar. Der Versuch wurde mit *Carlsberg Unterhefe Nr. 1* gemacht. Auch Alfred Jörgensen (7) spricht sich darüber und zwar in folgender Weise aus. Wenn man die für den Betrieb am meisten passende Rasse ausgewählt hat, wird diese unter normalen Betriebsverhältnissen im wesentlichen gleichmäßig arbeiten; gerade hierin liegt der große Fortschritt, welchen die Anwendung reiner Hefe gebracht hat. Da nun aber die Hefe immer von der Nährflüssigkeit und den äußeren Umständen abhängig ist, so werden folglich auch fortgesetzte Einwirkungen besonderer Art eingreifende Veränderungen im Charakter der Hefenrasse zur Folge haben, und sie kann unter solchen Umständen z. B. einige von den gerade in der Praxis erwünschten Eigenschaften fast gänzlich verlieren. Dieses Ausarten der Brauereihefe bekundet sich darin, daß die vergorene Flüssigkeit einen fremden Geschmack annimmt, oder daß die Vergärung oder Klärung anders ausfällt als gewöhnlich. Prior (4) erwähnt, daß die Biertrübung lediglich von Kulturhefen herrühren kann und sucht die Ursache dieser Hefentrübung in der Zusammensetzung des Nährbodens, der Würze, oder in der Verwendung von träge vergärenden oder durch unrichtige Behandlung geschwächten Hefen oder in der Gärführung, z. B. Temperaturschwankungen, auch wenn solche gering sind. Will (7) hat die Schwierigkeiten (Aenderungen im Geschmack) nachgewiesen, die in mehreren Fällen dadurch entstehen können, wenn als Ausgangspunkt zur

Darstellung der Reinkultur für die Brauerei eine Hefe verwendet wird, welche Hautzellen enthält, und er spricht die Meinung aus, daß solche Hautzellen auch bisweilen sich in den Gärbottichen der Brauereien entwickeln können (vergl. Bd. IV, S. 18—19). ALFRED JÖRGENSEN (4) hat eine Mitteilung gegeben, die in einer ähnlichen Richtung geht. RAYMAN und KRUIS (1) sowie A. KLÖCKER (s. Bd. IV, S. 21) konnten dagegen zeigen, daß man auch durch Verwendung von Hautzellen ein vorzügliches Bier darzustellen imstande war. Es läßt sich also daraus schließen, daß diese Zellen nicht immer gefährlich sind. Im allgemeinen rufen die Variationen, denen die Reinhefe in den Brauereien ausgesetzt ist, keine Störungen hervor; wenn das der Fall wäre, würde das Reinzuchtsystem ja auch bei weitem nicht die große Verbreitung bekommen haben, welche es jetzt hat. Ausführlichere Angaben über die Variation der Hefen finden sich im 8. Kapitel des IV. Bandes.

§ 53. Krankheiten durch Mycoderma und Torula hervorgerufen.

Die Untersuchungsresultate, welche über das Auftreten von *Mycoderma* in den Brauereien vorliegen, sind höchst verschieden, indem einige Forscher gefunden haben, daß sie als Krankheitserreger auftreten kann, während andere, und zwar vielleicht die meisten, meinen, daß sie eine für das Bier unschädliche Form ist, wenn dieses unter normalen Betriebsverhältnissen sich befindet, und daß sie nur bei einer besonders ungünstigen Behandlung des Bieres als Schädling auftritt. Die Ursache dieses Meinungsstreites liegt darin, daß unter dem Namen *Mycoderma cerevisiae* sich nicht eine, sondern mehrere Arten verbergen; darüber besagt Näheres das 14. Kapitel des IV. Bandes. Vielleicht hat, wie KUKLA glaubt, die größere oder geringere Extraktmenge der Würze auch einen Einfluß. Wie wir sehen werden, sind mehrere der Versuche, die uns einen Beweis für die Gefährlichkeit der *Mycoderma* geben sollten, nicht unter solchen Verhältnissen gemacht worden, welche mit den in den Brauereien gewöhnlichen genau übereinstimmen. Es würde deshalb erwünscht sein, wenn solche Untersuchungen wieder aufgenommen würden, denn nur dann ist es möglich, über diese praktische Fragen ins klare zu kommen.

Der erste, welcher die Anschauung aussprach, daß *Mycoderma* unter gewissen Umständen Schaden in Brauereien verursachen könnte, war BĚLOHOUBEK (1). Einige Jahre später wird von KUKLA (1) ebenfalls aus Böhmen eine Mitteilung über ähnliche Krankheitsfälle gemacht. Die Krankheit trat in zweierlei Weise auf. Im einen Falle war das Bier nach 3—4-wöchentlicher Lagerung gleichsam mit einem feinen Staube erfüllt, und diese Verstaubung nahm von Tag zu Tag zu. In dem andern Falle war das Bier im Lagerkeller klar, und erst nachdem es nach dem Abziehen einige Zeit in den Kellern der Konsumenten zugebracht hatte, wurde es verstaubt. Er ist der Meinung, daß die schwache zehngrädige Würze einen besonders günstigen Nährboden für den genannten Pilz bilde, und glaubt, daß das Malz eine abnorme Zusammensetzung gehabt habe, und daß in der Würze ein Mißverhältnis zwischen Zucker und Nicht-Zucker gewesen sei. LASCHÉ (1) hat öfters Biere untersucht, welche fast nur Kahmhefe als Verunreinigung enthielten und dann zuerst leichte Trübung und später auch unangenehmen Geruch und Geschmack zeigten. Er isolierte aus den Bieren vier ver-

schiedene Arten, von welchen er sagt, daß Nr. 3 die für die Praxis gefährlichste Form sei. Seine Versuche sind in Kolben oder in Flaschen, also nicht unter Brauereiverhältnissen, angestellt und entweder nach der Hauptgärung untersucht oder so früh abgebrochen worden, daß wir gar nichts darüber erfahren, in welchem Zustande das Bier sich nach Vollendung der normalen Lagerung befand.

Will (11) wurde im Jahre 1893 ein obergäriges Bier zur Untersuchung übergeben, da sich an demselben Krankheitserscheinungen geltend machten, welche in der Weise zum Ausdruck kamen, daß die Farbe des Bieres in unliebsamer Weise immer heller wurde, also bis zu einem gewissen Grade eine Entfärbung auftrat. Daß bei der Gärung durch Hefe, und zwar durch Kultur- und wilde Hefe, regelmäßig der Farbenton der Würze heller wird, ist eine Tatsache. Durch Versuche wurde konstatiert, daß hier die *Mycoderma* Schuld daran war. Das Bier zeigte starke Trübung, die biertrübenden Organismen waren hauptsächlich *Mycoderma*-Zellen, während dagegen wilde Hefe nur in geringer Menge nachgewiesen werden konnte. Nachdem die *Mycoderma* reingezüchtet worden war, wurde konstatiert, daß diese eigentlich nur bei höherer Temperatur (Obergärung) ihren schädlichen Einfluß ausübte. Es treten dann sowohl die oben erwähnte Entfärbung als auch Geschmacksveränderung und Trübung auf, und gleichzeitig wurde eine stärkere Säurebildung (keine Aehnlichkeit mit Essigsäure) gefunden. Durch die Gegenwart der *Mycoderma* wurde die Gärung verzögert, eine Erscheinung, welche auch durch H. van Laer (5) beobachtet worden ist. Endlich hat Lafar (1) aus einem Faßgeläger eines kranken Bieres eine *Mycoderma*-Art isoliert, welche im Bier starke Säuerung bewirkte; die gebildete Säure war Essigsäure.

Im Gegensatz zu den Aussprüchen dieser Verfasser findet man Untersuchungen und Bemerkungen, die darauf ausgehen, daß *Mycoderma*, obwohl ein häufiger Gast in den Brauereien, doch keine Krankheiten in dem fertigen Biere hervorruft, wenn dessen Behandlung eine normale ist. Hansen (11) hat seiner Zeit umfassende Studien in den Lagerkellern der Kopenhagener Brauereien und besonders in Alt-Carlsberg gemacht. Ein jedes Faß war von dem genannten Sproßpilze angegriffen; aber dennoch war nie ein Anzeichen davon zu bemerken, daß das Bier aus diesem Grunde von irgend einer Krankheit befallen sei. Die Zellen waren auch in jenen Perioden häufig, in welchen das Bier sich in besonderem Grade durch Haltbarkeit und Wohlgeschmack auszeichnete. Aehnliche Untersuchungen sind auch von A. Petersen in derselben Brauerei vorgenommen worden, und zwar mit demselben Resultate. Dasselbe gilt ebenfalls von Grönlund's Untersuchungen in der Brauerei Neu-Carlsberg. Alfred Jörgensen (5) gibt auch an, daß in den zahlreichen Proben kranker Biere aus mehreren Ländern, die in seinem Laboratorium untersucht wurden, niemals *Mycoderma* als Krankheitsursache gefunden worden ist. Auch von Prior (3) liegt dieselbe Erklärung vor. Wie oben gesagt, haben wir unter dem Namen *Mycoderma* mit mehreren verschiedenen Arten zu tun, deshalb möglicherweise die verschiedenen Resultate. Die verschiedene Zusammensetzung der Nährflüssigkeit, sowohl der Würze als des Bieres, spielt selbstverständlich auch eine Rolle.

Was nun die verschiedenen *Torula*-Arten anbelangt, deren Betrachtung im allgemeinen schon im 13. Kapitel des IV. Bandes gegeben worden ist, so finden sich unter diesen ganz sicher auch solche, die

Krankheiten im Biere hervorrufen können. Viele von diesen werden aber ohne Zweifel im Kampfe mit der Kulturhefe, wegen ihrer geringen Gärungsfähigkeit oder des vollständigen Mangels einer solchen, unterdrückt. Es ist aber kein Zweifel, daß sie, wenn die Bedingungen wieder günstig werden (die Lüftung beim Abzapfen auf Flaschen und Stückfässer, die höhere Temperatur), wieder zu erneuter Wirksamkeit und neuem Leben erweckt werden können. Von bestimmten Aeußerungen über das Auftreten dieser Organismen als Krankheitserreger ist eine Bemerkung von Alfred Jörgensen (6) anzuführen. Er fand, daß *Torula*-Zellen in schwach vergorenen obergärigen Bieren, wenn diese auf Flaschen abgezogen werden, sich sehr stark vermehren und eine Art Trübung hervorrufen, welche jedoch in ihrem Aussehen etwas verschieden ist von der im untergärigen Biere durch wilde Saccharomyceten hervorgebrachten. Grönlund (2) hat eine *Torula Novae Carlsbergiae* beschrieben, welche der Würze einen unangenehm bitteren Geschmack erteilt und deshalb zu den Krankheitsformen zu zählen ist; diese *Torula* bildet ca. 4.7 Vol.-Proz. Alkohol in gewöhnlicher Bierwürze, ist also eine Maltose vergärende Art. J. J. van Hest (1) fand in verschiedenen Retourbieren, in Bieren aus den Lagerfässern und einige Mal im jungen Bier am Ende der Hauptgärung, welche alle opalisierend oder schwach trübe waren und nebenbei einen mehr oder weniger starken Fruchtgeschmack besaßen, kleine Hefenzellen. Mittelst Reinkulturen, mit denen Biere infiziert wurden, wurde der Beweis erbracht, daß diese kleinen Hefen als Ursache der obengenannten Bierkrankheiten zu betrachten waren (die Versuche sind jedoch kaum unter Brauereiverhältnissen gemacht worden). Am stärksten treten sie während der Erntezeit in den Bieren auf und sind dann auch in großen Mengen in der Luft zu finden. Diese Hefe ist vom Verfasser mit dem Namen *Saccharomyces pinophthorus melodus* bezeichnet worden; sie gibt aber auf Gipsblöcken bei 28° C nach 10 Tagen keine Sporen, trägt also den ihr zugeteilten Gattungsnamen zu Unrecht und ist den *Torula*-Formen zuzurechnen. Die Zellen sind klein (4—5 μ), oval oder beinahe rund, variieren jedoch sehr unter verschiedenen Ernährungsbedingungen und können sogar, z. B. in der Haut, Mycelfäden bilden. Sie gibt in Würze eine ziemlich starke Gärung. Außer dieser Art wurde manchmal neben dieser und auch allein in denselben Flüssigkeiten ein zweiter Sproßpilz, *Saccharomyces pinophthorus enerrans*, gefunden, der in vielen Punkten mit der erstgenannten Art übereinstimmt. Die Zellen sind jedoch kleiner (2—6 μ) und rund, sie bilden weniger Alkohol und geben kein Aroma. Sporen werden nicht gebildet. Sie rufen Trübung hervor und verderben den Geruch und Geschmack des Bieres. Diese zwei Arten wurden in obergärigen holländischen Bieren gefunden.

§ 54. Essigstichige Biere.

Wir gehen jetzt zu den Bakterienkrankheiten des Bieres über. Die Bakterien werden häufig mit der Anstellhefe in die Brauerei hineingeführt (s. S. 167 und 174), oder sie befinden sich schon vor der Hefengabe in der Bierwürze, wenn diese auf dem Kühlschiffe oder Berieselungskühler infiziert worden ist (s. S. 136); auch die Trubsäcke sind häufige Ansteckungsherde. Während der Haupt- und Nachgärung gelangen sie durch unsaubere Leitungen, Bottiche und Fässer in die Biere; mit

der Luft oder mit dem Waschwasser können sie ebenfalls eingeschleppt werden. Es sind im großen und ganzen dieselben Ansteckungsherde für die Bakterien wie für die wilden Hefen, und hier wie dort ist eine gründliche Reinigung und Desinfektion am rechten Platze (vgl. S. 178 ff.) sowie auch gegebenenfalls die Einführung einer neuen Reinkultur, 5 wenn die Hefe verunreinigt worden ist. Wir wollen nun von den durch Bakterien verursachten Erkrankungen des Bieres zunächst das als Essigstich bezeichnete Sauerwerden betrachten.

Wie bekannt, ist Kützing (1) der erste, welcher in der Literatur Aufklärungen darüber gegeben hat, wie diese Krankheit entstehen kann. 10 Pasteur (1), welcher die Untersuchungen Kützing's aufgenommen und die Frage einer eingehenden experimentellen Behandlung unterzogen hatte, gibt eine Beschreibung nebst einer Abbildung von dem Mikroorganismus, welcher infolge seiner Untersuchungen die Essigbildung hervorruft. Hansen (1) und später andere Forscher haben indessen gezeigt, daß diese 15 Gärung nicht von einer sondern von mehreren Bakterienarten hervorgerufen werden kann. Ausführliche Angaben über die Morphologie und die Physiologie der Essigsäurebakterien überhaupt wird der Sechste Abschnitt des vorliegenden Bandes bringen.

Die Essigsäurebakterien kommen im Biere zwar oft vor; sie treten 20 aber selten in so großen Mengen auf, daß sie in einem normalen und wohlgeordneten Betriebe zu Krankheiten Veranlassung geben, besonders wenn von untergärigen Brauereien die Rede ist. In den obergärigen Brauereien treten sie häufiger auf. Daran ist sowohl die höhere Temperatur, bei welcher die Gärung vor sich geht, sowie auch die weniger 25 peinliche Reinlichkeit, welche oft in diesen Brauereien herrscht, Schuld. In Landbrauereien, welche Lagerbier bereiten und das Bier in warmen, schlecht ventilierten Kellern während vieler Monate einlagern, spielen die Essigbakterien noch häufig eine unliebsame Rolle.

Experimentelle Untersuchungen sind von Hansen (12) mit den zwei 30 von ihm beschriebenen Arten *Bacterium aceti* und *Bacterium Kützingianum* unter Brauereiverhältnissen gemacht worden. Diese Arten wurden dem Biere teils am Anfang der Gärung teils am Anfang der Lagerung zugesetzt. Das Resultat war, daß die Bakterien zwar in dem fertig gelagerten Biere noch lebendig waren, daß sie aber nie als Infektion im 35 Gär- oder Lagerkeller auftraten; nur wenn das fertige Bier nach dem Abzapfen einer höheren Temperatur (gewöhnliche Zimmerwärme) durch vierzehn Tage ausgesetzt wurde, trat bisweilen auf der Oberfläche des Bieres eine schwache Entwicklung auf; in gut verkorkten Flaschen wurde das Bier jedoch nicht sauer. Wenn die Flaschen dagegen nur 40 mit Filtrierpapier versehen waren, bildete sich immer eine starke Haut, und das Bier wurde sauer. Dasselbe findet auch statt, wenn die Bakterien erst in das fertige Bier hineingeführt werden, wenn es den Lagerkeller verläßt. Will man eine Essigsäurebildung im Biere vermeiden, so ist es von großer Wichtigkeit, daß die Transportfässer und Flaschen 45 gut verschlossen und selbstverständlich auch gut gefüllt sind. Diese von Hansen beschriebenen Arten bilden auf dem Biere eine Haut ohne es aber zu trüben.

A. Zeidler (2) hat aus einem Flaschenbierbodensatze eines untergärigen Bieres eine essigsäurebildende Bakterie, *Termobacterium aceti*, 50 isoliert. Die Form zeigte volle Uebereinstimmung mit dem von Cohn beschriebenen *Bact. termo* (vgl. S. 189). Ein Unterschied besteht nur in der großen Neigung dieser Bakterie zur Bildung von Involutionsformen.

Die Bakterie hat Eigenbewegung; diese hört in Bierkulturen nach Bildung einer Acidität von 30—35 ccm auf. Als Acidität ist die Anzahl von ccm einer Zehntel-Normal-Natronlauge angenommen, die nötig ist, um 10 ccm der Versuchsflüssigkeit zu neutralisieren. In Bier ruft die Bakterie eine Trübung mit Bildung kleiner Häutchen auf der Oberfläche hervor, ohne jedoch eine über die ganze Oberfläche sich erstreckende Decke zu bilden. Nach Beendigung der Entwicklung hat sich am Boden ein locker liegendes Sediment abgelagert, und die Flüssigkeit ist stark opalisierend. Die Bakterie ist aerob und entwickelt sich wenig in gut verkorkten und gefüllten Flaschen. Ihre Gefährlichkeit für die Brauerei ist nicht bedeutend. Spezielle Versuche zeigten, daß Gefahr nur bei Zusammenwirken dreier Faktoren eintreten kann, nämlich starke Infektion durch die Bakterie, längere Gärdauer (14 Tage) und wärmere Gärführung (bei durchweg 9° C), und zwar liegt die Gefahr nicht so sehr in der Zunahme der Acidität (1—2 ccm) als im Verlust der Glanzfeinheit des resultierenden Bieres. Aber auch hier wird dem Übel bei rechtzeitigem Eingriff (Abkühlung des Bieres auf Lagerkellertemperatur und möglichste Einschränkung des Luftzutritts) leicht vorzubeugen sein.

Henneberg (1) erwähnt zwei von ihm in Bier entdeckte Arten von Essigsäurebakterien, nämlich *Bacterium oxydans* aus einem untergärigen Biere aus Halle und *Bacterium acetosum* aus einem obergärigen Biere (Döllnitzer Gose). Die erstere bildet eine dünne Haut, und das Bier wird trüb. Die letztere bildet eine dicke Haut, und das Bier hält sich klar; diese Bakterie ist unbeweglich, während dagegen die erstere schwärmfähig ist. Versuche unter Brauereiverhältnissen sind mit diesen Bakterien nicht gemacht worden.

§ 55. Das Umschlagen des Bieres. Bière tournée, turned beer.

Das Umschlagen ist eine Krankheit, welche immer in Verbindung mit einer Milchsäuregärung steht. Schon Pasteur (1) hat darüber einige Beobachtungen angestellt und Bakterien als Erreger erklärt. Er beschreibt diese als Stäbchen oder Fäden, die entweder vereinzelt oder zu Ketten verbunden sind. Die Länge ist eine verschiedene, die Breite ungefähr 1 μ. Er hat diese Bakterienart nicht reinkultiviert und infolgedessen auch keine weiteren Versuche damit angestellt, er gibt jedoch an, daß ein Erwärmen der Biere bis auf 55—60° C genügt, um die Bakterien zu töten oder jedenfalls abzuschwächen, so daß die Krankheit sich nicht entwickelt. Die Bakterien sind im Biere sehr häufig zu finden und entwickeln sich sehr oft so stark, daß das Bier vollständig ungenießbar wird. Die Acidität ist größer als in gesunden Bieren und zwar im Verhältnis von 5:1. Sind die Biere stark gehopft, so entwickelt sich die Krankheit nicht. Pasteur hat diese Bakterien sowohl in untergärigen (französischen) wie in obergärigen (englischen) Bieren gefunden.

Eine nähere Untersuchung verdanken wir H. van Laer (2), welcher den Erreger dieser Bierkrankheit in Reinzucht gewonnen und als *Saccharobacillus pastorianus* bezeichnet hat. Der Bazillus kommt in belgischen Bieren häufig vor, und zwar immer mit anderen Bakterien vermischt. Das Eintreten der Krankheit beginnt sich dadurch kundzugeben, daß das bis dahin blanke Bier allmählich den Glanz verliert, um endlich ganz trübe zu werden und nach und nach einen unangenehmen Geruch und

Geschmack anzunehmen. Die durch diese Bakterien getrübten Biere lassen beim leisen Hin- und Herbewegen deutlich „Schlieren" erkennen, also feine, seidenglänzende Wellen in der Flüssigkeit, wie man solche auch durch sehr fein verteilten Asbest hervorrufen kann. Dieses Bild ist so auffällig, daß man daran allein schon das in Rede stehende Uebel erkennen kann. Bei längerem Zuwarten scheidet sich dann ein Niederschlag aus, welcher, außer aus Hefezellen, noch aus einer durch die Milchsäure bewirkten stickstoffhaltigen Ausfällung und aus Einzelzellen und Zellverbänden des *Saccharobacillus* zusammengesetzt ist. Die letzteren sind die Träger der oben beschriebenen, beim Schütteln der Proben auftretenden optischen Erscheinung.

Zur Reinzüchtung dieses Spaltpilzes ist Würzegelatine oder Fleischwassergelatine unbrauchbar, dagegen läßt er sich mit Hilfe einer bei niederer Temperatur sterilisierten Biergelatine oder mit Alkohol versetzten Würzegelatine isolieren, wächst aber dabei sehr langsam, was als charakteristisches Merkmal hervorgehoben wird. Der *Saccharobacillus* verwendet als Energiequelle die Umbildung von Kohlenhydraten in Säuren und Alkohol; da dieser Prozeß aber wenig Energie liefert, erklärt sich das langsame Wachstum des Spaltpilzes. Der Bazillus lebt sowohl bei Zutritt als auch bei Abschluß von Sauerstoff und wächst am besten in ungehopfter Würze, besonders wenn diese neutral oder schwach alkalisch ist. Die von H. van Laer vorgenommenen Uebertragungen einer Reinzucht in gesundes Bier haben zu der beweisenden Feststellung geführt, daß der *Saccharobacillus* tatsächlich der Erreger des Umschlagens des Bieres ist. Er vermag jedoch nur dann sich zu entwickeln und Unheil zu stiften, wenn der Gehalt des Nährbodens an Hopfenextrakt niedrig ist.

Wie schon der Name dieses Schädlings vermuten läßt, vergärt der *Saccharobacillus pastorianus* die Zuckerarten (vgl. Bd. II, S. 91 und 93), und zwar Saccharose, Maltose und Dextrose leicht, Lactose hingegen schwierig. Die Saccharose scheint ohne vorhergehende Invertierung verarbeitet zu werden, denn es gelang nicht, in den Zuchten die Anwesenheit von Invertin nachzuweisen. In Nährlösungen, welche eine dieser Zuckerarten enthalten, erzeugt der Bazillus hauptsächlich inaktive Milchsäure, daneben noch Aethylalkohol und eine geringe Menge flüchtiger Säuren (Essigsäure und Ameisensäure) in einem Gewichtsverhältnisse, dessen Größe mit der Zuckerart und den übrigen Züchtungsbedingungen sich ändert. Eine genügende Menge von Zucker vorausgesetzt, ist die Höhe des Säuregrades, welchen der Bazillus hervorbringt, nur noch von der sonstigen Beschaffenheit des Nährbodens abhängig: in ungehopfter Würze steigt er (auf Milchsäure berechnet) bis zu 1,26 g pro 100 ccm, in gehopfter hingegen nur auf 0,27 g. Durch Alkohol wird die Entwicklung dieses Schädlings erst dann gehemmt, wenn mehr als 7 Proz. davon im Biere vorhanden sind. Setzt man den Bazillus der Würze vor der Hefenzugabe oder während der Gärung zu, so verläuft letztere normal, und von dem Bazillus ist nichts zu bemerken. Nach einiger Zeit entwickelt sich aber doch die Krankheit. Wenn der Bazillus gleichzeitig mit einem *Bacterium aceti* und *Bacillus viscosus* oder mit beiden zusammen kultiviert wird, stören diese einander gegenseitig in ihrer Entwicklung, und H. van Laer glaubt, daß auf die Wirkung dieser am häufigsten im Bier anzutreffenden Organismen es zurückzuführen ist, wenn man die Krankheiten des Sauerwerdens und Fadenziehens im Biere in der Praxis nie so stark wie in Reinkulturen findet. In der Wärme gedeiht er besser.

In Ländern mit mangelhaften Kellern wird also das Umschlagen des Bieres im Sommer häufig auftreten. So erklärt sich auch die bei den Flamländern gangbare Bezeichnung von „Zomerbier“ für umgeschlagenes Bier überhaupt. Die durch einige Zeit andauernde Einwirkung einer 5 Temperatur von 55—60° C vermag dieser Bazillus nicht zu überstehen. Man wird also das Bier, insbesondere das zur Ausfuhr in die Tropen bestimmte, gegen das Umschlagen dadurch feien können, daß man es einige Zeit bei der bezeichneten Temperatur hält, also pasteurisiert.

Die Morphologie dieses Spaltpilzes gibt H. van Laer nicht. Eine 10 solche finden wir in einer Abhandlung von W. Henneberg (3). Außer *Saccharobacillus pastorianus* werden hier noch zwei andere in Bieren vorkommende Milchsäurebakterien, die auch das Umschlagen bewirken, nämlich *Saccharobacillus pastorianus var. berolinensis* und *Bacillus Lindneri*, sowohl morphologisch wie physiologisch geprüft. Diese drei besitzen 15 untereinander morphologisch so viel Aehnlichkeiten, daß sie im Zusammenhang beschrieben werden müssen. Es sind dünne, lange Bazillen, die seltener als einzelne Zellen vorkommen, meist zu zwei, drei oder mehreren vereint auftreten und dann gerade, gekrümmte oder winklige Linien darstellen. Es finden sich scheinbar ungegliederte, mehr oder 20 weniger lange Zellfäden und Zellketten, d. h. in einzelne Zellen gegliederte Zellfäden. Charakteristisch für *Saccharobacillus past.* und *Saccharobacillus past. var. berol.* sind die häufig zu beobachtenden unregelmäßig gebogenen Zellfäden und für alle drei Arten bei der Kultur im hängenden Tröpfchen das Auswachsen zu einem äußerst langen, vielfach 25 gewundenen, winkligen Fadengewirr. Diese Fadenmassen zerfallen bei den einzelnen Arten später, bei *Bacillus Lindneri* schon früh, in einen Haufen verschieden langer Zellen oder Fadenstücke. Die drei Arten haben nicht das Vermögen, Geißeln oder Sporen zu bilden. Gärung wird hervorgerufen, wenn ein vergärbarer Zucker, eine gewisse starke Kon- 30 zentration, eine größere Menge Flüssigkeit und ein nur mäßiger Luftzutritt vorhanden sind. Rücksichtlich des Verhaltens zu den Zuckerarten (Säuerungsvermögen) und zur Temperatur sei auf Bd. II, S. 91 u. 93 bzw. 97 verwiesen.

Züchtungsversuche in Bier haben das Resultat gegeben, daß *Bacillus* 35 *Lindneri* sich regelmäßig sehr gut in gehopftem Bier entwickelte, während *Saccharobacillus pastorianus var. berolinensis* nur manchmal und dann nur in geringem Grade Wachstum zeigte. Soweit *Saccharobacillus pastorianus* untersucht ist, verhält er sich so wie *Bacillus Lindneri*. *Saccharobacillus past. var. berolinensis* kommt in obergärigen Bieren (Berliner Weißbier; 40 s. S. 220) vor. Soweit bisher untersucht ist, findet sich auch im Porter aus Dublin diese oder eine sehr ähnliche Art. *Bacillus Lindneri* wird äußerst häufig in Lagerbier gefunden. Der Geruch und Geschmack dieses Bieres ist öfters auffallend verändert, das Bier klärt sich allmählich in den Flaschen nach Bildung eines losen Bodensatzes; die Säure 45 hat nur wenig zugenommen (10 ccm brauchen 0.4 ccm Zehntel-Normallauge). Das dunkle Lagerbier scheint widerstandsfähiger als das helle zu sein.

Unter dem Namen *Bacillus fasciformis* haben Schönfeld und Rommel (1) einen Trübungen im Lagerbier verursachenden Spaltpilz be- 50 schrieben. Derselbe ist nach Henneberg eine Varietät des *Saccharobac. past. var. berol.*

In einer Abhandlung von F. Schönfeld (8) über die Bakterieninfektionen bei den obergärigen Brauereien bemerkt er, daß fast bei den

meisten obergärigen Bieren gleichsam als ständiger Begleiter der Hefe ein derbes, ziemlich großes, dem Milchsäurebakterium des Berliner Weißbieres ziemlich ähnliches Stäbchenbakterium beobachtet wird, welches dem Biere einen schwach milchsäuerlichen Geschmack verleiht. Länger gelagerte Flaschenbiere werden durch diese Bakterien teilweise schleierig. 5 Dieselben Bakterien kommen auch in obergärigen Bieren vor, welche bei 9—14° C gehalten werden. Bei der (wenn auch trägen) Nachgärung hält sich das Bakterium schwebend. Das Bier wird und bleibt etwas trüb, hat aber durch diese Bakterien einen angenehm säuerlichen Geschmack angenommen. FELLOWES (1) teilt mit, daß *Saccharobacillus pasto-* 10 *rianus* VAN LAER fast in jedem englischen Biere vorhanden ist, daß seine Wirkung aber nicht immer besonders hervortritt, wahrscheinlich wegen der Säure- und Hopfenmenge der Biere. In verhältnismäßig wenigen Bieren hat er eine andere Bakterie gefunden, welche ähnliche Erscheinungen hervorbringt wie obengenannte. Es sind Kurzstäbchen, in der 15 Mitte ein wenig eingeschnürt; sie kommen entweder vereinzelt, zu zwei oder in Ketten vor, in alten Kulturen finden sich geschwollene Fäden von 5—15 μ Länge. Die Bakterie entwickelt sich leichter in ungehopfter als in gehopfter Bierwürze und bildet nur eine geringe Menge Säure. Sie hat keinen Einfluß auf das Bier, wenn sie erst nach der 20 Hauptgärung eingeführt wird.

Ein schwacher Gehalt an Milchsäure ist sogar den besten Bieren eigen. Dieser stammt zum Teil aus dem Malze selbst, welches durchschnittlich 0,05 Proz. von dieser Säure aufweist; hauptsächlich aber kommt er während des Maischens zustande. Die Menge von Milchsäure, 25 welche dabei entsteht, ist jedoch eine geringe, in normalen Bieren findet man davon 0,05—0,2 Proz. E. PRIOR (2) hat über die Art und Menge der beim Mälzen der Gerste, beim Darren und Maischen des Malzes und beim Kochen der Bierwürze entstehenden Säuren einige Untersuchungen gemacht, auf die hiermit verwiesen sei. 30

In manchen Fällen sieht man das Auftreten von starker Milchsäuregärung in den Bierwürzen ganz gerne und begünstigt deren Entwicklung. Dies gilt z. B. von den sog. Weißbieren (s. S. 138). Hier ist es, jedenfalls nach HENNEBERG's (3) Untersuchungen am Berliner Weißbier, der obenerwähnte *Saccharobacillus pastorianus var. berol.*, welcher als Säue- 35 rungserreger eine Rolle spielt. Auch zeigt das Weißbier fast genau dieselbe Erscheinung der Schlierenbildung wie die Reinzuchten des oben genannten Bazillus. Neben diesem kommen, wie es scheint, noch andere stäbchenförmige Milchsäurebazillenarten vor. HENNEBERG meint, unter diesen auch *Bacillus Lindneri* gefunden zu haben. 40

§ 56. Das Langwerden des Bieres. Bière filante. Ropiness.

Diese Krankheit ist zuerst von PASTEUR (1) einer Untersuchung mit Hilfe des Mikroskops unterworfen worden. Ein in den Bieren in großer Anzahl beobachteter, zu vielgliedrigen Ketten vereinter und als *Micro-* *coccus viscosus* bezeichneter Spaltpilz wurde von diesem Forscher für 45 den Erreger dieser Krankheit erklärt, welche mit dem Zähewerden der Weine viele Merkmale gemein hat. Diesem Organismus in morphologischer Hinsicht sehr ähnlich ist ein Spaltpilz, den J. BERSCH (1) in Bierwürze beobachtet hat, welche, nachdem sie mit Hefe angestellt worden war, anstatt in normale Gärung zu geraten, dickflüssig, ölig und schließ- 50

lich zähe und fadenziehend wurde. Die Gewinnung eines solchen Krankheiterregers in Reinzucht ist zuerst P. LINDNER (7) im Jahre 1889 gelungen. Es ist der in Weißbier (§ 58) auftretende *Pediococcus viscosus*.

In den gehopften Bieren machen sich andere Spezies geltend. Zwei
5 derselben sind von H. VAN LAER (1) in zahlreichen Proben von fadenziehenden Bieren aufgefunden, daraus reingezüchtet und als *Bacillus viscosus I* und *II* bezeichnet worden. Diese beiden Arten haben einige Merkmale gemeinsam, so z. B. die Gestalt und Größe ihrer Zellen: Stäbchen von 0,8 μ Breite und 1,6—2,4 μ Länge, meist einzeln, nicht
10 selten aber zu Paaren zusammenhängend. Sie bilden Sporen und zwar in der Regel eine, bisweilen aber auch zwei in einer Zelle. Sie wachsen auf der Oberfläche einer gehopften Würzegelatine gar nicht und geben in der Tiefe ganz kleine, kaum sichtbare Kolonien. In ihrem Verhalten gegen Bierwürze weichen sie in bemerkenswerter Weise voneinander
15 ab. Diese wird zwar durch jede der beiden Arten schleimig gemacht, allein das Bild ist nicht das gleiche. Ist *Bac. viscosus I* am Werke, dann entstehen in dem Maße, als die Zähigkeit der Flüssigkeit zunimmt, auf deren Oberfläche schleimige, gelblich-weiße Inseln, welche nach unten zu Verzweigungen aussenden. Es wächst so eine Schleimdecke heran,
20 deren Oberfläche durch eingeschlossene Blasen der bei dieser Zersetzung entbundenen Kohlensäure nach und nach zahlreiche Höcker und Ausstülpungen erhält. Diese Deckenbildung unterbleibt hingegen dann, wenn man die Schleimgärung durch *Bac. viscosus II* vollzieht; überdies ist dann auch die Kohlensäureentwicklung mäßiger und die erreichbare
25 Zähigkeit geringer als im ersten Falle. Die Farbe der Würze geht während dieser Umwandlung in ein Zichorienbraun über, zugleich entwickelt sich ein eigentümlicher Geruch, an dem allein schon man eine zähe gewordene Würze als solche zu erkennen vermag. Ein weiteres Merkmal, durch das man diese beiden Bakterienarten unterscheiden
30 kann, ist ihr Verhalten gegen eine sterilisierte Lösung von 3 g Rohrzucker und 10 g Pepton in 100 ccm Wasser. Solcher Nährboden wird nur durch *Bac. viscosus I* fadenziehend und zähe gemacht, während *Bac. viscosus II* hingegen bloß eine bleibende Trübung und Kohlensäureentwicklung hervorruft. Kohlensäureentwicklung tritt aber auch bei ersterem
35 in der oben erwähnten Lösung auf.

Von Interesse ist die Feststellung, daß diese beiden Arten auch solche Nährlösungen zähe machen, welche von Zucker frei sind und von organischen Substanzen keine anderen enthalten als milchsauren Kalk oder weinsaures Ammon (PASTEUR's Flüssigkeit, MAYER's Flüssigkeit).
40 Ja, es ist ein höherer Gehalt an Zucker der Entwicklung dieser Krankheitserreger sogar schädlich. Mit diesem Befunde stimmt auch die Erfahrung der Praxis überein, daß die Biere mit niedrigem Vergärungsgrad (also hohem Zuckergehalt) verhältnismäßig seltener zähe werden. Die nächste Ursache dieser Zustandsänderung des Nährbodens ist ein von
45 den Bakterien ausgeschiedener Schleim. Bei Anwesenheit von Zucker wird nebst jenem noch Kohlensäure entwickelt und vermutlich auch noch eine geringe Menge einer anderen Säure gebildet, denn die Acidität steigt während des Zähewerdens an. Der Schleim ist kein einheitlicher Körper, sondern setzt sich aus mindestens zwei Bestandteilen zusammen,
50 von denen der eine in Wasser löslich ist und sich durch einen Gehalt an Stickstoff auszeichnet. Mit dieser Tatsache steht auch die Wahrnehmung im Einklang, daß die Krankheit um so eher sich einstellt, je größer der Gehalt des Nährbodens an Stickstoffsubstanzen ist. Von

diesem Gesichtspunkte aus erklärt sich auch der den Praktikern wohl bekannte Erfahrungssatz, daß es insbesondere die an Peptonen, Proteinen usw. reichen Würzen sind, welche leicht zähe werden. Ein größerer Gehalt an Säure (auf Milchsäure berechnet 0,15 Proz.) ist der Entwicklung dieser beiden Bakterienarten hinderlich. Der Alkohol vermag ihnen selbst in einer Konzentration von 6 Vol.-Proz. noch nicht zu schaden. Ueber das Verhalten dieser Spaltpilze gegenüber verschiedenen Hopfenmengen liegen keine Versuche vor. Die günstigste Temperatur für die Schleimbildung liegt bei ca. 33° C; unterhalb 7° und oberhalb 42° C wird kein Schleim gebildet.

Rücksichtlich des Verhaltens dieser Bakterien der Hefe gegenüber bemerkt H. van Laer, daß es von großer Bedeutung ist, ob diese Spaltpilze gleichzeitig mit der Hefe, oder früher oder später (nach der Hauptgärung) in die Würze eingeführt werden. Ist die Würze schon zu Anfang mit den Bakterien infiziert worden, so wird das Bier trübe und fadenziehend und nimmt eine eigentümliche Farbe wie Milchkaffee an, die selbst nach drei Monaten noch nicht verschwunden ist. Werden die Bakterien gleichzeitig mit der Hefe eingeführt, dann hängt es von der Menge ab, ob das Bier lang wird oder nicht; aber immer wird man finden, daß die alkoholische Gärung je nach der Menge der Bakterien mehr oder weniger beeinflußt wird. Werden die Bakterien erst nach der Hauptgärung eingeführt, so rufen sie gar keine Störungen hervor.

Die zwei obengenannten Bakterienarten sind immer beide in den Bieren gegenwärtig, die fadenziehend geworden sind (van Laer spricht hier von den belgischen Bieren). *Bac. viscosus II* ruft schneller das Langwerden hervor, wenn die Flaschen, in welchen die Aussaat stattgefunden hat, vollständig hermetisch verschlossen sind. Damit in Uebereinstimmung steht die Beobachtung der Praxis, daß die Biere in Flaschen viel leichter als in den Stückfässern lang werden.

H. van Laer (4) hat später einen anderen Spaltpilz isoliert, welcher eine Krankheit hervorruft, die in enger Beziehung zu der schleimigen Gärung steht. Es ist der *Bacillus viscosus bruxellensis*; die von ihm verursachte Krankheit wird als „Bier mit doppeltem Gesicht" („bière à double face", „Tweeskinde") bezeichnet. Die Krankheit ist aber bei den mit Hefe angestellten Bieren sehr selten und auch sehr wenig intensiv, tritt dagegen bei Lambic, Faro und Mars häufig auf (s. § 63 d. 9. Kap.).

A. Zeidler (1) erwähnt eine kurze Stäbchenbakterie (welche Essigsäure bildet), die besonders bei höheren Temperaturen (20° C) das Bier schleimig macht. Die Versuche sind nur Laboratoriumsversuche.

Fellowes (1) bemerkt, daß *Bac. viscosus* van Laer unter den in englischen Brauereien herrschenden Verhältnissen nicht ähnliche Resultate wie in den belgischen Brauereien zu geben scheint. Er hat verschiedene englische Biere untersucht, die fadenziehend geworden waren, und die darin gefundenen Bakterien reingezüchtet; es gelang ihm aber nicht, durch Einimpfung der Reinkulturen ein Bier darzustellen, welches eine ähnliche Viscosität zeigte wie die Probe, aus welcher die Bakterie herrührte. Er glaubt, daß die Organismen während der Züchtung ihre Fähigkeit zur Schleimbildung möglicherweise verloren haben, meint aber auch, daß die chemische Zusammensetzung der Würze eine Rolle spiele und spricht endlich auch die Vermutung aus, daß die Gärung hier eine symbiotische sei.

Brown und Morris (2) glauben, daß *Bac. viscosus* van Laer in englischen Bieren nur selten auftritt, dagegen haben sie in fadenziehenden

englischen Bieren einen kleinen Kokkus gefunden, der in Gruppen zu 2—4 Individuen vorkommt, und dieser sei als die vornehmliche Ursache für das Schleimigwerden englischer Biere anzusehen.

L. van Dam (1) hat in der Hefe einer Brauerei in Burton-on-Trent 5 einen Bazillus gefunden, welcher von ihm *Bacillus viscosus III* genannt wird. Er ist 1,3—2,0 μ lang und 0,7 μ breit und kommt entweder vereinzelt oder in zwei- bis dreigliedrigen Ketten vor. In Würze geht die Schleimbildung ohne Gasentwicklung vor sich, und bei Abwesenheit von Zuckerarten wächst die Bakterie viel schwächer, weshalb er glaubt, daß 10 Kohlenhydrate (Zucker) für die Schleimbildung notwendig sind, während stickstoffhaltige Substanzen nur in zweiter Linie Bedeutung haben: der Schleim selbst hat auch nur sehr geringen Stickstoffgehalt. Auch scheint es nicht ein von diesem Bazillus ausgeschiedenes Stoffwechselprodukt sondern die stark gequollene Zellhaut zu sein, welche den Nährboden 15 zähe macht. Dadurch unterscheidet sich dieser Bazillus von *Bac. viscosus I* und *II* van Laer. Er kann in Bier die Hefe nur dann unterdrücken und das Bier fadenziehend machen, wenn er in großer Menge und im kräftigen Zustande vorhanden ist. Die Krankheit ist nur dann zu fürchten, wenn die Infektion vor oder gleichzeitig mit der Hefengabe 20 stattfindet, wie vom Verfasser experimentell nachgewiesen worden ist: vergorene Biere werden nicht angegriffen. Ein längeres Verweilen der Würze auf dem Kühlschiffe oder im Gärbottiche bei der Optimaltemperatur (28—30°) des Bazillus wird der Infektion günstig und gefährlich sein. Stark gelüftete Würzen werden leichter von der schleimigen 25 Gärung ergriffen. Diese Bakterie vergärt (wie die zwei von H. van Laer beschriebenen) Milchzucker, und diese Eigenschaft wird von van Dam benutzt, um geringe Mengen dieser Art in der Hefe nachzuweisen.

Heron (1) erwähnt in einer Abhandlung über das Schleimigwerden des Bieres, daß diese Krankheit durch einen Kokkus von besonderer 30 Kleinheit hervorgerufen wird. Derselbe nimmt nach und nach eine verlängerte Form an, indem er sich zu gleicher Zeit in der Mitte einschnürt, bis er das Aussehen eines Schwingkolbens bekommen hat, an dessen Enden deutlich ein Kern sichtbar ist, wie bei der ursprünglichen Form. Nach Verlauf einiger Zeit nehmen diese beiden Enden eine in die Quere 35 verlängerte Form an, während sich zugleich die mittlere Partie wie früher einschnürt und die Bakterie dann das Aussehen von zwei Schwingkolben hat, die gegeneinander gestellt sind, oder wie Sarcina aussehen. Später trennen sich die beiden Kolben voneinander, während sie von der schleimigen Membran umgeben bleiben. Nach Verlauf einer längeren 40 Zeit schrumpft die Membran ein, und die Bakterien bilden jetzt rosenkranzähnliche Ketten (die Zooglöa-Form). Diese Ketten werden nur in Bieren gefunden, die schon lange schleimig sind. Die Biere haben einen eigenartigen ekelhaften Geschmack aber keine oder fast keine Acidität. Bisweilen, wenn die Bakterien längere Form annehmen, bekommt das 45 Bier binnen einigen Tagen einen stark sauren Geschmack, und jede Spur von Schleim ist dann verschwunden. Das Schleimigwerden wird nur dann hervorgerufen, wenn Hefe zugegen ist, und wenn die Würze schwach gehopft und von geringerer Acidität als gewöhnlich ist. In dem von Heron erwähnten Falle wurde mit Sicherheit konstatiert, daß 50 das Schleimigwerden des Bieres von der direkten Ansteckung der Würze durch Malzstaub herrührte.

Wie man aus Obenstehendem ersieht, sind es in der Regel die obergärigen Biere, welche von dieser Krankheit angegriffen werden; hohe

Temperaturen, geringe Hopfenmengen und wenig Säure begünstigen die Entwicklung dieser Bakterien.

§ 57. Buttersäure im Biere. Bacillus subtilis und Termobakterien im Biere. Der sog. chlorige Geruch.

Wenn Buttersäure im Biere vorhanden ist, hat ohne Zweifel Buttersäuregärung in der Würze stattgefunden, ehe die Gärung eingeleitet worden ist, also irgendwo auf dem Wege zwischen Kühlschiff und Gärbottich oder vielleicht in diesem letzteren, falls die Würze hier einige Zeitlang steht, ehe die Hefe zugegeben wird. In der Literatur liegt über diese Frage nur sehr wenig vor. Thausing (1) sagt darüber: „In zuckerhaltigen Flüssigkeiten kann sich bei höheren Temperaturen Buttersäure bilden. Auch Bierwürzen sind dieser Gefahr ausgesetzt. Würde der unangenehme, schweißartige Geruch und ranzige Geschmack der Buttersäure auch nur in geringer Menge einem Biere mitgeteilt, so würde dieses sehr geschädigt. Wenn Bierwürze ohne Hefe bei mittlerer Temperatur längere Zeit stehen bleibt, so können vorhandene Buttersäureorganismen neben anderen zur Entwicklung kommen.“ Will (4) erwähnt, daß er in gebrauchten Trubsäcken u. a. auch *Clostridium butyricum* gefunden hat.

Adrian Brown (1) bemerkt in einer Abhandlung über *Bacillus subtilis*, daß dieser früher fälschlich als die Bakterie des umgeschlagenen Bieres bezeichnet worden ist. Er untersuchte deshalb, ob dieser Bazillus eine schädliche Wirkung auf Bier ausüben könnte. Das Resultat war, daß er in Ale bei normalem Säuregehalt nicht wächst; ein Säuregehalt von 0,07 Proz., als Essigsäure berechnet, läßt in Jungbier den Bazillus nicht mehr aufkommen. Schönfeld (8) kommt dagegen zu einem anderen Resultate. In einer Abhandlung über die Bakterieninfektionen bei den obergärigen Brauereien hebt er hervor, daß die obergärigen Biere mehr unter der Infektion von Bakterien leiden als die untergärigen; besonders kommen solche Bakterien vor, welche bei den wärmeren Temperaturen vor anderen die am meisten intensive Vermehrungsfähigkeit mit größtmöglicher Widerstandsfähigkeit gegen die Hefen der Hauptgärung verbinden und gegen Kohlensäuredruck am wenigsten empfindlich sind. Auch sind die obergärigen Biere — jedoch nicht auch die englischen — als Regel schwach gehopft, und die schon in der Würze möglicherweise vorhandenen Termobakterien (S. 189), die nicht immer während der Gärung getötet werden, können in solchen schwach gehopften Bieren eine Trübung hervorrufen. Schönfeld bemerkt, daß eine mit Termobakterien und *Bacillus subtilis* stark infizierte Würze zu den auffälligsten Gärungserscheinungen Veranlassung geben kann. Anstatt daß die Hefe nach oben treibt, geht sie zu Boden; die Gärung bleibt matt, das Bier riecht und schmeckt schlecht und wird ungenießbar. Dieser Geruch und Geschmack rührt wohl häufig von dem in der Würze von den Würzebakterien hervorgerufenen „Selleriegeruch“ her.

Hierher sind auch die Infektionen zu rechnen, welche den sogen. chlorigen Geruch bei den Stellbieren veranlassen. Der Erreger dieser Krankheit soll angeblich das auf S. 190 genannte *Termobacterium iridescens* sein. Die sich rapid vermehrenden Bakterien hemmen die Gärung und Nachgärung auf den Flaschen; durch Reduktion von Salpetersäure entsteht salpetrige Säure (bei Verwendung eines Wassers, welches erheb-

liche Mengen von salpetersauren Salzen enthält), deren Geruch irrtümlich für Chlorgeruch gehalten wird. Dieser Geruch macht sich besonders auf den Flaschen, weniger im Bottich geltend.

§ 58. Die Krankheiten des Weißbieres, insbesondere des Berliner Weißbieres.

Wenn die auf S. 215 erwähnten Milchsäurebakterien im Uebermaß (vgl. S. 138) vorhanden sind, wird man sie als Krankheitserreger auffassen können. Essigbakterien können natürlicherweise auch zu Krankheitserscheinungen („Essigstich") Veranlassung geben. Die besonders im Berliner Weißbier am meisten gefürchteten und gewöhnlichsten Krankheiten sind jedoch das Langwerden und die Rotfärbung.

Das fadenziehende Weißbier, auch „Ziehbier" genannt, wurde zuerst von H. Schröder (1) im Jahre 1885 beschrieben. Die Krankheitserscheinungen sind nach diesem Verfasser höchst merkwürdig und höchst fatal, sie sind, wie es scheint, nur dem Weißbiere eigentümlich und noch wenig oder gar nicht aufgeklärt. Das Bier hat einen faden, süßlich-pappigen Geschmack. Die Krankheit stellt sich gewöhnlich da ein, wo die Kruken und Flaschen oder die Transportfässer ohne jede Sorgfalt behandelt werden, und wo am Aufbewahrungsort eine höhere Temperatur zu herrschen beginnt. Die Biere können schon nach 5—8 Tagen auf der Flasche lang werden, in anderen Fällen geschieht dies erst verhältnismäßig spät. Von ein und demselben Sud abgezogene Biere zeigen bei einzelnen Kunden die Erscheinung des Langwerdens, während bei anderen sämtliche Flaschen tadellos blieben. Da die wenigsten Weißbierbrauereien selbst das Bier auf Flaschen füllen, sondern dieses Geschäft gewöhnlich von den Abnehmern besorgt wird, welche meistens das Bier noch durch Wasserzugabe verdünnen, ist ein derartiges ungleichmäßiges Verhalten der Biere nicht schwer zu erklären. Aber auch aus den Brauereien kann der Krankheitskeim stammen. Schröder teilt mit, daß in den kranken Bieren ein Mikrokokkus vorhanden ist, daß es aber nicht gelungen ist, diese Bakterie rein zu züchten. Dies geschah erst im Jahre 1889. Die von P. Lindner (7) reingezüchtete Bakterie wurde von ihm *Pediococcus viscosus* genannt. Sie macht eine Weißbierwürze (nicht aber auch eine gehopfte Bierwürze) fadenziehend und bildet gleichzeitig eine gewisse Menge Säure. Die Bakterie hat etwas Aehnlichkeit mit dem in Wein auftretenden *Pediococcus*, und weil das Zähewerden des Weines durch sehr geringe Mengen von schwefliger Säure verhindert werden kann, meint Lindner, daß diese sowie vielleicht auch schwefligsaure Salze zur Bekämpfung der Krankheit verwendet werden können. Hopfen hat auch, wie oben erwähnt, gegenüber diesem Organismus eine stark antiseptische Wirkung. O. Reinke (3) bemerkt, daß bei Anwendung von alkalischen Wässern die Bakterienentwicklung, wie bekannt, eine leichtere ist, und daß das Langwerden also unter Umständen leichter eintreten könnte, wenn das Weißbier mit Wasser verdünnt wird, das reich an kohlensaurem Kalk, arm an Gips ist. Durch Zusatz von Weinsäure werden die Biere wieder normal, weil die fadenziehende Eigenschaft des Weißbieres bei einem höheren Säuregehalt aufhört. In dem langen Weißbiere findet man nach Schönfeld (12) an Stelle der vielen Milchsäurebazillen hauptsächlich andere Organismen, namentlich Pediokokken. Es ist gelungen, diese zu isolieren und fest-

zustellen, daß es mehrere Arten gibt, von denen zwei deutlich charakterisiert, aber vom Entdecker nicht genauer beschrieben wurden. Sie sind in der Wachstumsgeschwindigkeit, in der Stärke der Schleimbildung, in dem Säuerungsgrad und in dem Widerstand gegen Alkohol von einander verschieden. Das Optimum des Wachstums sowie der Säure- 5 bildung und Schleimbildung liegt bei Temperaturen von 20—26° C. Die Bakterie entwickelt sich am besten in der nicht gekochten und gehopften Würze (Weißbierwürze), besser in einer Weizenmalzwürze als in einer Gerstenmalzwürze. Je höheren Alkoholgehalt das Bier hat, um so viel schwieriger wird es schleimig. Der Gehalt an Milchsäure 10 ist auch ein wertvoller Schutz gegen den schleimbildenden Bazillus. Die schützende Wirkung der Milchsäure ist noch viel größer, wenn man zu gleicher Zeit Hefe hinzubringt. Die Essigsäure ist dagegen kein so scharfes Antiseptikum gegen den Pediokokkus. Es ist noch eine offene Frage, welchem der verschiedenen Stoffe im Weißbier resp. in der 15 Würze (Zuckerarten, Dextrine, Eiweißstoffe) der wesentliche Anteil bei der Schleimbildung zukommt. Ueber den Ursprungsort des Pediokokkus bemerkt SCHÖNFELD, daß er im Malz liegen könnte; als Infektionsherd wird das Holz der Bottiche angegeben.

Ueber das rote Bier spricht ebenfalls SCHRÖDER (1). Die Ur- 20 sache ist ihm nicht bekannt; er vermutet, daß Fehler bei der Malzbereitung oder beim Maischprozeß, oder daß vielleicht das Wasser Schuld daran sind. Das Bier ist schal, trübe und fuchsig, Geruch und Geschmack sind schlecht. O. REINKE (1) vermutet im Jahre 1885, daß diese Krankheit von *Pediococcus cerevisiae* verursacht wird, später, im 25 Jahre 1898, sagt er (3), daß die Ursachen, seines Erachtens nach, nicht nur im Auftreten gewisser Organismen sondern auch in der Beschaffenheit des Weizens zu suchen sind. SCHÖNFELD (9) hat bei den roten Weißbieren die Beobachtung gemacht, daß die Milchsäurebakterien, welche im Weißbier in großen Mengen vorhanden sein sollten, fehlen. 30 Das Bier leidet unter Umständen an einem ganz eigentümlichen Geruch, meist ist dieser ein fein aromatischer, der auf eine Aetherbildung zurückzuführen ist, bisweilen dagegen ist er unangenehm wie ein Geruch von Stickstoffdioxyd, in der Praxis häufig als „Chlorgeruch“ bezeichnet. SCHÖNFELD erwähnt, daß schon die Würze eine rote Farbe annehmen 35 kann. Als wirksame Faktoren werden u. a. gewisse Maischtemperaturen, Beschaffenheit des Malzes, Einfluß des Wassers und des Hopfens angeführt. Diese Färbung kann durch die gärende Hefe wieder aufgehoben werden; mit der Erhöhung der Hefengabe steigert sich die Entfärbung. Die Gärung muß aber auch so geführt werden, daß die Milchsäurebak- 40 terien kräftig zur Entwicklung kommen (warme Gärführung), diese entfärben nämlich (sowie auch die Essigbakterien) auch die Würze. SCHÖNFELD bemerkt, daß es Bakterien gibt, welche rotfärbend wirken können. In den roten Weißbieren sieht man häufig eine starke Sarcinainfektion, diese ist aber nicht als die Ursache des Rotwerdens zu betrachten, son- 45 dern steht mit der Verwendung eines, die Entwicklung der Sarcina außerordentlich fördernden Wassers — Wasser mit salpeter- und salpetrigsaueren Salzen oder ammoniakhaltiges Wasser — in ursächlichem Zusammenhange. Ist eine starke Sarcinainfektion vorhanden, so sind die Milchsäurebakterien stark unterdrückt, und die Sarcina wirkt gar nicht 50 oder sehr wenig entfärbend.

§ 59. Existenz und Zustandekommen der Sarcinakrankheit.

Der erste, welcher über das Vorkommen von „Sarcina“ im Biere berichtete, war Pasteur (1) im Jahre 1876. Er beschrieb und zeichnete ihre Form, ohne ihr einen besonderen Namen zu geben. Nach Pasteur gibt die Sarcina dem Biere einen abscheulichen Geruch und macht es ungenießbar. Späterhin, im Jahre 1880, erwähnte Hansen (2) die Bakterie unter dem Namen *Sarcina* und gab eine Zeichnung davon. Er fand sie in der Betriebswürze, dann (6) im Jahre 1882 in der Gärkellerluft, wo er sie mittelst gehopfter Bierwürze nachwies. Er (8) legt im Jahre 1883 Gewicht darauf, daß Versuche über künstliche Erzeugung der Sarcinakrankheit möglichst unter den Bedingungen der Praxis gemacht würden, beginnend mit Infektion der Stellhefe. Eingehend beschäftigte sich Balcke (1) im Jahre 1884 mit der „Sarcinakrankheit“ des Bieres. Er zuerst bezeichnete als deren Urheber den *Pediococcus cerevisiae* im Gegensatz zu der Bezeichnung *Sarcina*, um damit auszudrücken, daß der betreffende Organismus nur ein zweidimensionales Wachstum habe im Gegensatz zu den echten Sarcinen, die nach drei Richtungen des Raumes wachsen (vgl. Bd. I, S. 96 u. 143). Balcke gibt von seinem *Pediococcus* eine kurze Morphologie und Physiologie. Die durch ihn verursachte Krankheit besteht in einer Trübung nebst Geschmacksverschlechterung der Biere. Die Herkunft des *Pediococcus* sucht er hauptsächlich in der Mälzerei, von wo aus er in die Brauerei verschleppt werde, hauptsächlich durch die Schuhe der Mälzer auf das Kühlschiff.

Die Erfahrungen von Francke (1) im Jahre 1884 stimmen mit denen Balcke's überein. Als Hauptinfektionsursachen bezeichnet Francke noch die Unreinlichkeit insbesondere der Rohrleitungen, das Faßgeläger, sowie die Einschleppung durch fremde Hefe; Hefenextrakt sei ein vorzügliches Nährmittel für den *Pediococcus*. Als Gegenmittel empfiehlt er außer rationeller Reinlichkeit den Zeugwechsel und das Zeugschlemmen, sowie einen hohen Vergärungsgrad. Francke behält auch die von Balcke vorgeschlagene Namensbezeichnung *Pediococcus* bei. Doch pflegt der Sprachgebrauch dessenungeachtet auch heute noch die in Rede stehende Krankheit als „Sarcinakrankheit“ zu bezeichnen; im nachfolgenden wird diesem Sprachgebrauch Rechnung getragen. Ebenso spricht man von „Sarcinaorganismen“ im allgemeinen, worunter außer den echten Sarcinen häufig auch die Pediokokken verstanden werden. Da letztere das Bild einer kreuzweis zusammengeschnürten Kugel bieten, also auch wie ein Paket (lat.: sarcina) aussehen, so ist es gerechtfertigt, die Pediokokken der Sarcinagruppe anzureihen.

Auf den Hopfen, als eines der besten Schutzmittel gegen den *Pediococcus* macht Hayduck (1 u. 3) im Jahre 1885 und 1888 aufmerksam. Ueber Rotfärbung von Bieren durch *Sarcina* s. S. 221.

In eingehender Weise behandelt S. von Huth (1—3) in den Jahren 1885—1888 die Sarcinafrage nach folgenden Gesichtspunkten: 1. Herkunft der Sarcina von außen; 2. Infektionsstellen in der Brauerei selbst; 3. Bekämpfung der Krankheit im Entstehen, sowie nach bereits erfolgtem Ausbruch. Aus Pferde- und Menschenharn stammend gelangt nach von Huth die *Sarcina* in den Erdboden, in die Luft und ins Wasser, so daß jene Keime allgemein in der Natur ver-

breitet sind und leicht in die Brauerei Eingang finden können. Wie schon Balcke bezeichnet auch von Huth das Kühlschiff als den Vermittler für die Uebertragung der Sarcinaorganismen aus Gerste in den Brauereibetrieb, woselbst sie dann auf mancherlei Art verschleppt werden und zu Selbstinfektionen Veranlassung geben können. Zur Abtötung der Sarcina in der Stellhefe empfiehlt er, letztere mit Weinsäure (6 g auf 1 kg breiiger oder dünnflüssiger Hefe) zu behandeln; die sogen. „Weinsäurekur". Die in wässeriger Lösung gegebene Säure wird mit der Hefe tüchtig verrührt und 6—12 Stunden ruhig stehen gelassen; dann gibt man das Ganze zur Würze in den Bottich. Die damit erzielten Erfolge sollen angeblich zufriedenstellend sein. S. von Huth machte die Beobachtung, daß die Sarcina in ammoniakalischen Nährböden vorzüglich gedeiht, weshalb er auch zum Nachweis, z. B. in der Gärkellerluft, ammoniakalische Würze mit Erfolg anwandte. Ueberhaupt wies der Autor auf den Einfluß der Reaktion des Nährbodens und deren Veränderung infolge der Sarcinavegetation als einen wesentlichen Faktor hin. Er konstatierte bereits den ungünstigen Einfluß säurebildender Konkurrenten auf die Entwicklung der Sarcina.

Mit den bahnbrechenden Arbeiten Lindner's (1—5) begann im Jahre 1886 die Periode exakter Sarcinaforschung, da er und seine Nachfolger mit Reinkulturen dieser Organismen arbeiteten. Der von diesem Forscher aus sarcinatrübem Biere abgeschiedene, in Fleischsaftgelatine und Fleischsaft gezüchtete *Pediococcus cerevisiae* tritt als einzelner Kokkus von 0,9—1,5 μ Durchmesser, als Diplokokkus und in Tetraden auf; er war jedoch niemals zur Form echter Sarcinen zu bringen. Unter gewissen Bedingungen bildet er auch abnorme Formen (Involutionsformen). Dauersporen bildet der *Pediococcus cerevisiae* nicht; bei 8 Minuten langem Erhitzen auf 60° C werden die Zellen getötet. Er ist luftliebend, erzeugt nur wenig Milchsäure und wuchs bei den Laboratoriumskulturen nur in neutralen oder alkalischen Nährböden. In gehopfter Bierwürze ging er nur an, wenn er aus neutralem Malzextrakte in jene übertragen wurde, nicht aber aus Fleischsaft. Letzterer und auch Malzextraktlösung wurden durch das Wachstum des Organismus getrübt, ebenso auch gehopfte Bierwürze; jedoch waren keine erheblichen Geruchs- und Geschmacksveränderungen darin wahrzunehmen. Da auch alle Versuche, den *Pediococcus* an steriles Bier zu gewöhnen, erfolglos waren, so blieb es vorerst noch zweifelhaft, ob er außer Trübungen dem Biere auch noch geschmackliche Nachteile bringe, ob also der *Pediococcus cerevisiae* wirklich der Erreger der sogen. Sarcinakrankheit des Bieres in ihrem vollen Umfange war. Lindner fand seinen *Pediococcus* an verschiedenen Oertlichkeiten der Brauerei. Ein der Form nach ähnlicher *Pediococcus* ist der im 11. Kapitel zu betrachtende, gleichfalls von Lindner (2) im Jahre 1887 aufgefundene *Pediococcus acidi lactici*.

Im Jahre 1888 faßte Lindner (5) die Beschreibung dieser, sowie einer Reihe anderer Sarcinaorganismen in seiner Dissertation zusammen. Es ist daraus ersichtlich, daß in den Gärungsgewerben die Sarcinagruppe durch zahlreiche Arten vertreten ist. Außer den beiden genannten Pediokokken dürften jedoch nur noch *Sarcina flava*, *Sarcina aurantiaca* und *Sarcina alba* einiges Interesse für die Brauerei erregen, da sie in amerikanischen Bieren Krankheit erzeugt haben sollen. Dazu kam dann noch im Jahre 1889 die Auffindung des *Pediococcus viscosus* durch Lindner (7) in Berliner Weißbier, das fadenziehend geworden

war (s. S. 220). Ein *Pediococcus* von ähnlichen Eigenschaften wurde auch von Brown (2) und Morris im Jahre 1895 aufgefunden und zwar in der Gärkellerluft, welche durch die Nähe einer Schlächterei infiziert war. Von englischen Forschern beschreibt Heron (1) im Jahre 1899 noch einen sarcinaartigen Organismus, der die Biere schleimig macht (s. S. 218).

Da es Lindner nicht gelungen war, mit einer Reinkultur seines *Pediococcus* ein sarcinakrankes Bier zu erzeugen, trotzdem diese Krankheit von einer Reihe von Forschern beobachtet worden war, so wurde die Existenz einer Sarcinakrankheit überhaupt in Abrede gestellt und zwar zuerst von Petersen (1) im Jahre 1900. Dieser hatte häufig Gelegenheit, Sarcinaentwicklung in Bieren zu beobachten, ohne daß diese Krankheitserscheinungen zeigten. Auch Hansen (10) bezweifelte die krankheiterregende Eigenschaft des *Pediococcus*. Kurz danach, im Jahre 1890, gelang es Lindner (8), durch Impfen von Reinkulturen seines *Pediococcus* auf reingezüchtete Anstellhefe ein Bier zu erzeugen, das Trübung, Geschmacksverschlechterung und Entfärbung zeigte, also diejenigen Eigenschaften besaß, die für sarcinakranke Biere charakteristisch waren. Doch trat dabei die eigentümliche Erscheinung auf, daß nur ein Teil der künstlich erzeugten Biere die Krankheit bekam und zwar in verschieden starkem Grade; ein anderer Teil der Proben blieb trotz Anwesenheit des Infektionskeimes von der Erkrankung verschont. Wenn nun auch die Existenz dieser Krankheit erwiesen war, so waren doch die Umstände, unter welchen sie eintrat, experimentell nicht sicher gestellt. Dies gab Jörgensen (1) im Jahre 1890 Veranlassung, gegen Lindner den Vorwurf zu erheben, seine Versuche seien nicht in enger Anlehnung an die Bedingungen im praktischen Betriebe angestellt und daher auch — selbst die Versuche mit positivem Erfolg — für die Praxis wertlos. Jedenfalls gäbe es Sarcinaarten, die keine Krankheit erzeugten. Auch Prior spricht die Ansicht aus, daß gemäß seiner Beobachtungen die mit den Sarcinen stets einhergehenden anderen Organismen die Krankheitserreger sein dürften, nicht die Sarcinen selbst. Will (1 u. 3) äußerte sich in den Jahren 1890 und 1891 zu der Frage in dem Sinne, daß es allerdings Sarcinakrankheit gäbe und hauptsächlich bei hellen, selten bei dunklen Bieren; ihm scheine aber diese Biertrübung das Symptom einer präexistierenden, durch Fabrikationsfehler hervorgerufenen Bierkrankheit, nicht durch die Sarcinen direkt veranlaßt. Will schließt dies daraus, daß er in sarcinatrüben Bieren stets größere Gummimengen antraf; durch den schleimigen, gequollenen Zustand dieser Körper würden die Sarcinaorganismen, sowie eiweißartige Körper in der Schwebe gehalten und daher zu Trübungserregern. Ob außer Trübung und Entfärbung auch noch geschmackliche Veränderung der Biere eintritt, hielt Will (5) für ungewiß.

Diese verschiedenen Meinungen über die Existenz der Sarcinakrankheit erfuhren im Jahre 1894 zugunsten der Ansichten Lindner's ihre einstweilige Klärung durch die Arbeit von Reichard (1). Der von ihm aus krankem Biere auf gehopfter Würzegelatine gezüchtete *Pediococcus sarcinaeformis* war nicht luftliebend, wie der Lindner'sche, sondern mehr luftscheu (welchen Charakter auch im allgemeinen die von späteren Verfassern isolierten Pediokokken tragen), obwohl er zum Wachstum des Sauerstoffs, aber nur einer sehr geringen Menge desselben, bedurfte. Er wuchs gut in Gerstenwaschwasser und sterilem Bier, jedoch nicht in pasteurisiertem. Mit Reinhefe vermischt und auf Würze gebracht,

wuchs er jedoch in dem so entstandenen Biere. Säure bildete er mehr als der LINDNER'sche, und ebenso wie dieser erregte er manchmal Krankheit, manchmal nicht.

Bezüglich des Entstehens und des Unterbleibens der Krankheit im Betriebe beobachtete man folgendes: Wurde die Würze mit Luft übersättigt und mit einer hochvergärenden Hefe schon bei der Hauptgärung stark vergoren, so daß auf dem Lagerfasse die Nachgärung ruhig verlief (Nachreife), so wuchsen die Pediokokken ruhig am Boden des Fasses im Faßgeläger, und die Biere wurden später, obwohl pediokokkenhaltig, nicht krank. Verlief die Nachgärung des pediokokkenhaltigen Bieres jedoch kräftig unter Ausstoßen des Schaumes, oder wurden Biere mit pediokokkenhaltigem Geläger aufgekräust, so daß sie unter Ausstoßen von Schaum in kräftige Nachgärung kamen, dann wurden die Pediokokken aus ihrer Ruhe am Grunde des Fasses aufgestört, die Nester zerrissen, die Einzelindividuen durch die Kohlensäure des Bieres in eine Region geringer Sauerstoffspannung hinaufgehoben und dort in der Schwebe gehalten. Durch dieses, je nach der Dauer der Nachgärung kürzere oder längere Schwebenbleiben der Einzelindividuen im Biere gewinnen diese für sich, sowie für ihre Nachkommen die Fähigkeit, das Bier später, ja selbst schon auf dem Lagerfasse, krank zu machen, und zwar hängt bei ursprünglich gleich starker Infektion und gleicher Disposition des Bieres für die Krankheit die Intensität derselben von der Dauer der Nachgärung ab. Solche krankmachende, in der Nährflüssigkeit schwebende Keime bezeichnet REICHARD als virulent im Gegensatz zu den lediglich am Boden der Gefäße lebenden, unschädlichen Pediokokken. In ungehopfter Würze kultivierte Pediokokken erwiesen sich als nicht virulent, da sie das Bier nicht krank machen konnten (also ähnlich wie die von LINDNER auf Fleischsaft gezogenen Pediokokken). Die Pediokokken der Stellhefe erwiesen sich als bedingungsweise virulent, da sie je nach der Behandlung der Biere auf dem Lagerfasse Krankheit erregten oder nicht. Unter allen Umständen jedoch virulent waren die Keime, die aus krankem Biere herstammten, da sie, auf gesundes Bier verpflanzt, dieses stets sehr rasch trüb und schlechtschmeckend machten, ohne erst vorher am Boden Kolonien gebildet zu haben. Diese im Betriebe gemachten Beobachtungen fanden im Laboratorium ihre experimentelle Bestätigung. Es ist demnach bei vorhandener Infektion mit „Sarcina" das sogen. Aufkräusen (s. S. 152) zu unterlassen; ferner sind alle sarcinahaltigen Provenienzen aus dem Lagerkeller peinlichst vom Betriebe fern zu halten, da die in jenen enthaltenen Sarcinaorganismen (bzw. Pediokokken) einen bösartigen (virulenten) Charakter besitzen.

In Gemeinschaft mit RIEHL (1) setzte REICHARD im Jahre 1895 seine Versuche behufs Erforschung der Mittel zur Bekämpfung der Krankheit im Betriebe fort. Empfehlenswert erwies sich das Stopfen frischen rohen Hopfens aufs Lagerfaß, ca. 30 g auf 1 hl, worauf das Faß verspundet wird.

Am meisten empfehlen die beiden oben genannten Verfasser folgendes Verfahren: Man macht einen stärker als gewöhnlich gehopften Sud und kräust damit die mit den Sarcinakeimen behafteten Biere, ja selbst solche, die bereits in den ersten Stadien wirklich ausgebrochener Erkrankung stehen, auf, und zwar in der Menge von 2 Liter Kräusen auf 1 hl Bier, dann schlägt man die Fässer sofort zu. Die Kellertemperatur muß dabei eine niedere sein. Auf diese Weise gehen

die bereits virulent gewordenen Pediokokken allmählich zu Boden und stellen ihre krankmachende Tätigkeit ein. Nach längerer Spunddauer zieht man das Bier ab und filtriert es scharf, wobei ein bereits auf dem Lagerfaß etwa vorhanden gewesener unangenehmer Geruch in 5 der Filtermasse bleibt. Dieses Verfahren wurde auch von anderer Seite in der Praxis wiederholt als bewährt gefunden. PRIOR (3) hat es mit gleich günstigem Resultat nachgeprüft und hält es auch zur Unterdrückung anderer Bakterien für wirksam; ebenso VOGEL (1). Um die Stellhefe möglichst von Sarcinen zu befreien, wird das kräftige Waschen 10 und Abschlämmen mit Wasser empfohlen. Unvollständiges Waschen kann die Gefahr eher vergrößern. In noch höherem Maße ist dies bei der VON HUTH'schen Weinsäurekur der Fall, durch welche — außer einer Begünstigung der wilden Hefe — infolge zu geringer Weinsäuregabe eine Zerteilung der Sarcinanester ohne Abtötung der Einzel- 15 individuen herbeigeführt wird; vgl. SCHÖNFELD (6) und LINDNER (10), welch letzterer in solchem Falle von „Miliarsarcinose" spricht. Was die Veranlagung des Bieres selbst für die Erkrankung durch Sarcina betrifft, so wurde von REICHARD und RIEHL die Erfahrung mitgeteilt, daß Würzen mit schlechter Verzuckerung, sowie solche aus harten Gersten 20 zur Erkrankung disponieren. Die Mitteilungen der Wissenschaftlichen Station in München (1888/89) über die Gefahren, welche schlecht verzuckerte Würzen bringen, wurden demnach auch bezüglich der Sarcinakrankheit als zutreffend befunden. Auch PRIOR (1) machte hier einschlägige Beobachtungen über glutinreiche Gersten des Jahres 25 1893, und WINDISCH (2) konstatierte im Jahre 1895 und SCHÖNFELD (5) im Jahre 1899 gutes Sarcinawachstum besonders in Bieren mit schlechter Verzuckerung (vergl. S. 206). In Jahrgängen, die uns schwer lösliche, stickstoffreiche Gersten und schwer verzuckernde Malze bringen, kann demnach die Sarcinakrankheit gewissermaßen epidemisch werden.

30 Mit Zuhilfenahme des von ihm eingeführten Hefenwassers bzw. der Hefenwasser-Gelatine gelang es SCHÖNFELD (1), weitere wichtige Einblicke in das Sarcinaleben zu tun. So vermochte er im Jahre 1897 vermittels Sarcinakulturen, die in Hefenwasser-Gelatine herangezüchtet waren und aus trübem Biere stammten, pasteurisierte Biere derart zu 35 infizieren, daß sie krank wurden. Also in Hefenwasser behauptet sich die Virulenz der Sarcinen. Sarcinen aus feuchtem Malz und aus Mälzereistaub, welche auf Würze und Bier nicht wuchsen, gediehen im Hefenwasser, so daß dieses zufolge SCHÖNFELD (4) gewissermaßen das Sprungbrett dieser Bakterien für den Betrieb bilde. Was die Hefe selbst anbelangt, 40 so sind verschiedene Rassen in verschiedenem Grade widerstandsfähig gegen Sarcinen; wilde Hefe hat die stärkste Widerstandskraft. Von den Bieren hält SCHÖNFELD (4) die dunklen für empfänglicher als die hellen. Bezüglich des Luftbedürfnisses seiner Pediokokken sagt er, dieselben seien mehr anaerob als aerob und würden virulent, wenn „kaum 45 ein Atom" Sauerstoff hinzuträte. Um also eine etwaige Infektion im Biere zu erkennen, bewahre man es in voll gefüllten Flaschen luftdicht verschlossen auf und zwar bei 16—21° C, da die Luft das Sarcinawachstum hemmt.

Ueber die Quellen der Sarcinainfektion stellte SCHÖNFELD (3) im 50 Jahre 1898 ausgedehnte Versuche an. Vermittels gewöhnlichen oder ammoniakalisch gemachten Hefenwassers bzw. -Gelatine fand er die Hauptinfektionsquelle in der Luft, welche über gedüngte Felder (s. S. 160) streicht; ihr Zutritt muß durch Schließen der Gärkellerfenster

bei der von den Feldern kommenden Windrichtung, bzw. durch Zufuhr filtrierter Luft vermieden werden. Eine besondere Gefahr liegt im Pferdestalldünger.

Weitere Studien Schönfeld's (5) beschäftigen sich mit der Virulenz der Sarcinaorganismen, einen Begriff, über welchen er (2) folgende Definition gibt: „Unter Virulenz soll die physiologische Eigenschaft zusammengefaßt werden, welche ein Freischweben der Keime bedingt und in diesem Zustande bei kräftiger Vermehrung eine zur Krankheit führende Entwicklungsrichtung in sich schließt, die sich in der Bildung eines lang anhaltenden Schleiers resp. einer Trübung der Kulturflüssigkeit geltend macht." Unter den Hopfenbestandteilen hemmt das Lupulin die Vermehrung nur in geringem Maße; die Virulenz dagegen wird erheblich unterdrückt, wie überhaupt bei allen Angriffen gegen die Sarcina zuerst die Virulenz Einbuße erleidet, während das bloße Weiterwachsen noch gut vor sich gehen kann. Das Hopfenweichharz, und zwar, wie Barth (1) im Jahre 1901 fand, insbesondere das β-Harz, ist ein intensiv wirkendes Sarcinagift, also in dieser Beziehung der wichtigste antiseptische Hopfenbestandteil; doch verhalten sich nach Barth nicht alle Sarcinaorganismen den Hopfenharzen gegenüber gleich. Nach Schönfeld gewähren 2,5—3 kg Hopfen auf 100 kg Malz wenn auch nicht immer absoluten, so doch hinreichenden Schutz gegen die Krankheit. Interessant sind auch noch die Versuche Schönfeld's über Schutzimpfung von Bieren, vermittels eines Bieres, das die Sarcinakrankheit überstanden und sich bereits wieder geklärt hat. Erhöhter Kohlensäuredruck hemmt die Virulenz der Sarcina. Unter den Eiweißstoffen wirken Peptone und Amide auf die Virulenz der Sarcinen gleichmäßig ein, während für die Vermehrung die Peptone günstiger sind.

Die letzte Schönfeld'sche (7) Abhandlung dieser Reihe im Jahre 1899 befaßt sich mit der Fortzüchtung verschiedener, aus Lagerbier isolierter Sarcinaarten, wobei sich je nach Wechsel der Nährböden eine manchmal sehr bedeutende Formveränderung zeigte, bestehend in der Bildung und dem Zerfall von Paketen. Auf Grund solcher Erscheinungen, die geeignet sind, die Variabilität der Sarcinaorganismen zu veranschaulichen, versuchte Schönfeld seine verschiedenen Arten zu klassifizieren.

Eine ähnliche Rolle, wie nach Schönfeld das Hefenwasser, spielt nach Reichard (2) ein mit Brauereiabfällen, insbesondere zerfallender Hefe, durchsetzter Erdboden, in welchem die Pediokokken der Feldluft unter zahlreichen Konkurrenten eine durch zunehmende Eintrocknung begünstigte Auslese erfuhren und, allerdings nur in geringen Mengen, zum Ueberdauern der alkoholischen Gärung gebracht werden konnten, ohne jedoch das Bier krank zu machen. Ebenso schlugen Versuche, die in ammoniakalischem Hefenwasser aufgefangenen Sarcinen der Feldluft an die Biergärung zu gewöhnen, fehl. Enthält der Brauereiboden jedoch bereits aus dem Betriebe selbst stammende Pediokokken, dann ist kein Akklimatisationsprozeß mehr, wohl aber noch eine Auslese nötig, um jene von ihren vielen Konkurrenten zu befreien. Diese Auslese geschieht durch die mit Luftbeschränkung einhergehende alkoholische Gärung des Betriebs, in welcher solche Pediokokken über ihre Konkurrenten vorherrschen und dann direkt bierschädlich werden können.

Vermittels Gärung mit Luftbeschränkung und der successiven, in kleinen Mengen fortgesetzten Impfung der Gärflüssigkeit mit sarcinahaltigen Medien verschiedener Herkunft wurde gefunden, daß die „Sar-

cinen“ des Mälzereistaubs (s. S. 164) schon nach Verlauf weniger Gärungen imstande waren, ein sarcinakrankes Bier hervorzubringen. Reichard nimmt ein durch verschiedene Beobachtungen begründetes parasitisches Verhältnis zwischen der Sarcina und der Kulturhefe an.

5 Aus Grünmalz isolierte Sollied (1) im Jahre 1904 Pediokokken, indem er jenem bei 32 ° C 5—10 Proz. Alkohol zusetzte. Weitere zwei Pediokokken-Arten isolierte er aus mit 10 Proz. Alkohol versetzten rohen Kartoffeln. Einer derselben, *Pediococcus Hennebergi*, ist mit den bekannten Pediokokken nicht identisch. Im gleichen Jahre fand und isolierte 10 Schönfeld (12) zwei Arten von Pediokokken, welche als Erreger der Schleimkrankheit beim Berliner Weißbier (s. S. 221) anzusehen sind.

§ 60. Der gegenwärtige Stand der Sarcinafrage.

Ein weiterer Fortschritt in der Klärung der Sarcinafrage, bestehend in der Auffindung zweier wohl charakterisierter Pediokokkus-15 arten, wurde durch die im Jahre 1903 vollendete Arbeit von N. Hjelte Claussen (1—3) gemacht. Er isolierte Pediokokken aus dänischen, deutschen, englischen und amerikanischen Bieren vermittelst Reinkulturen in gehopfter Würze, indem er die der Pediokokkenkultur schädlichen Konkurrenten mit schwächeren Lösungen von saurem Fluorammonium 20 abtötete; die Bierpediokokken sind relativ unempfindlich gegen die Einwirkung solcher Agentien. Die isolierten Pediokokken wuchsen ohne Schwierigkeit in gehopfter Würze und in pasteurisiertem Biere und riefen in letzterem Krankheitserscheinungen hervor. Sie ließen sich als zwei wohlgesonderte Arten auffassen: *Pediococcus damnosus* gibt 25 den meisten Bieren einen unangenehmen Geruch und Geschmack, aber nur unbedeutenden Bodensatz, ohne das Bier zu trüben. *Pediococcus perniciosus* gibt einen gleich schlechten Geruch und Geschmack und außerdem noch Trübung. Gewisse Biere lassen keine Geschmacks- und Geruchsverschlechterung erkennen, trotz guter Entwicklung des *Pedio-30 coccus damnosus*; hier ist die Beschaffenheit des Bieres ausschlaggebend, nicht die des *Pediococcus*. Ein und dieselbe Art ruft im gleichen Biere stets wesentlich die gleichen Krankheitserscheinungen hervor, falls die Eigenart des Bieres eine Entwicklung überhaupt gestattet. Durch geeignete Züchtungsweise in verschiedenen Nährböden konnte eine Ver-35 zögerung des Wachstums im Biere hervorgerufen werden, ja selbst ein völliges Aufhören der Entwicklung, während ein Schütteln des Zuchtgefäßes die Entwicklung in hohem Grade begünstigt. Auch das Sauerstoffbedürfnis kann je nach dem Nährboden und der Temperatur sehr variieren. In einem günstigen Nährboden, z. B. 40 in Würze, und bei mittleren Temperaturen sind die Pediokokken gegen den Sauerstoff ziemlich indifferent; im allgemeinen jedoch ist eine geringere Sauerstoffspannung als die der Atmosphäre die günstigste für das Wachstum. Sämtliche isolierte Bierpediokokken bilden Säure in kohlenhydrathaltigen Nährflüssigkeiten und wachsen in saueren oder 45 neutralen Nährlösungen. In ammoniakalischem Hefenwasser, sowie überhaupt in alkalischen Flüssigkeiten gingen sie nicht an. Auf Grund seiner Befunde hält Claussen auch die Annahme einer verschiedenen Virulenz bei ein und demselben Pediokokkus für nicht begründet oder doch überflüssig. Es ist ihm nicht gelungen, zu beobachten, daß der-50 selbe Pediokokkus, welcher in gewissen Fällen in irgend einer Biersorte

Krankheit erregt, in anderen Fällen (z. B. auf andere Weise gezüchtet) in demselben Biere sollte wachsen können, ohne es krank zu machen.

Bereits gelegentlich der Kontroversen über die Existenz einer Sarcinakrankheit hat Lindner betont, daß eine Pediokokkuszelle, die aus einer Kultur aus Fleischsaftgelatine stammt, etwas ganz anderes ist als eine im Bier geborene Zelle, daß ein auf neutralem oder gar alkalischem Nährboden entstandener Keim für sauere und alkoholische Nährmedien nicht genug angepaßt ist, um sich hier wie ein eingeborener Keim zu verhalten. Lindner hat dadurch den Grund zu der Anschauung über Anpassungsfähigkeit und Variation der Bierpediokokken gelegt, d. h. über ihre Eigentümlichkeit, sich je nach den Lebensbedingungen andere Eigenschaften zu erwerben. Es würden sich dadurch die manchmal widersprechenden Angaben der Forscher über manche Eigenschaften der von ihnen gezüchteten Pediokokken erklären, vorausgesetzt, daß keine wirklich verschiedenen Arten vorlagen. Diese Lindner'sche Ansicht ist die herrschende geworden, weshalb die gegenteiligen Schlüsse Claussen's auf Widerspruch stießen, sowohl jene betreffs der Brauchbarkeit ammoniakalischer Nährböden für Bierpediokokken, als auch jene betreffs deren Virulenz und Variabilität.

Will (12), der schon im Jahre 1901 das ammoniakalische Hefenwasser zur Untersuchung des Brauwassers auf Sarcina eingeführt hatte (s. S. 157), hat in Gemeinschaft mit R. Braun (1) im Jahre 1904 gefunden, daß bei direkter Einimpfung von Sarcina aus kranken Bieren auf ammoniakalisches Hefenwasser allerdings nicht immer eine Entwicklung erfolgte; andererseits aber ergab eine Sarcinareinkultur, welche vorher nicht in ammoniakalischem Hefenwasser wuchs, dann eine starke Entwicklung darin, wenn diese Sarcina etwa 14 Tage lang ungünstigen Bedingungen ausgesetzt war. Will hält demnach an der sehr guten Brauchbarkeit des ammoniakalischen Hefenwassers fest. Auch Schönfeld (11) ist noch nicht von der Unbrauchbarkeit des ammoniakalischen Hefenwassers überzeugt und glaubt, gestützt auf Erfahrungen und auf Analogien bei anderen Organismen, daß die Sarcinafrage nicht nur mit der Auffindung neuer Pediokokkenarten ihre Lösung finden könnte, sondern daß sie auch eine Frage der Akklimatisation, Variabilität und Virulenz sei. Weitere Mitteilungen über erfolgreiche Anwendung von ammoniakalischer Nährflüssigkeit hat auch Hajek (1) gebracht.

In seiner Stellungnahme zu der Arbeit von Claussen betont Zikes (2) im Jahre 1904 seine Uebereinstimmung mit den Ansichten Schönfeld's über Variabilität, Akklimatisation und Virulenz und fügt den von diesem dafür angeführten Beispielen noch solche aus eigener Erfahrung bei. Wegen der großen Variabilität in fast allen Eigenschaften bei Variierung des Nährbodens könne überhaupt nicht von bestimmten bierschädlichen Sarcinen gesprochen werden. Zikes ist nicht für die Verwendung ammoniakalischen Hefenwassers als Propagierungsflüssigkeit für die bierschädliche Sarcina, da sie darin ihre Biervirulenz — also das, worauf es gerade ankomme — einbüße.

In diametralem Gegensatz zu diesen Anschauungen stellt sich neuerdings Claussen (4), indem er nochmals auf die trotz verschiedenartiger Behandlungsweise völlige Konstanz seiner beiden *Pediococcus*-Arten hinweist. Der Glaube an eine Umwandlung echter Sarcinen in Bierpediokokken dürfte seiner Ansicht nach auf einem Irrtum beruhen, hervorgerufen durch die dem Hansen'schen Grundsatz zuwiderlaufende Verwendung von Hefenwasser und Fleischsaft, welche einer spontanen

Luftinfektion durch Sarcina außerordentlich leicht zugänglich seien. — Es ist möglich, daß die Züchtungsbedingungen, unter welchen Claussen arbeitete, insbesondere die verwendeten Nährsubstrate Würze und Bier, etwa infolge besonders günstiger Beschaffenheit, weniger geeignet waren, gewisse Anpassungsstufen seiner Pediokokken schärfer in die Erscheinung treten zu lassen, während Anläufe dazu immerhin auch bei Claussen nicht ganz fehlen. Auch mag Claussen Pediokokken unter den Händen gehabt haben, die, wenn auch identisch mit manchen Arten seiner Vorgänger, doch bereits derart angepaßt und in ihren Eigenschaften gefestigt waren, daß sie nur wenig Neigung mehr zu Rückschlägen nach früheren Abstammungsformen zeigten. Jedenfalls steht das Eine fest, daß es Bierpediokokken und überhaupt Sarcinaorganismen der Brauerei gibt, die unter den Einflüssen chemischer, physikalischer und biologischer Einwirkungen nicht unwesentlichen Schwankungen und Aenderungen mancher belangreicher Eigenschaften zugänglich sind. Es läßt dieses Verhalten einesteils auf eine gewisse Empfindlichkeit der betreffenden Organismen schließen, welcher sie auch häufig genug zum Opfer fallen; andererseits aber zeigt sich auch manchmal eine auffallende Fähigkeit der Anpassung und des Festhaltens erworbener Eigenschaften und eine dadurch bedingte ganz unerwartete, besonders bei Gegenwart von Hefe zu beobachtende Lebenszähigkeit. Durch ihre Empfindlichkeit einerseits und ihre Anpassungsfähigkeit andererseits ist die *Möglichkeit* einer Bildung von Varietäten nahe gerückt und der Schlüssel für ein verschiedenes Verhalten dieser Organismen je nach ihrer Herkunft geliefert. Bei einer genügenden Variierung des Sarcinamaterials, sowie insbesondere deren Lebensbedingungen dürften sich Verhältnisse ergeben, welche diese Eigentümlichkeiten zum Ausdrucke bringen, eine Aufgabe, die im Gegensatz zu den bisher mehr oder minder bloß gelegentlichen Erfahrungen darüber einer methodischen, zielbewußten Bearbeitung würdig wäre. Darüber liegen bereits mehrfache Beobachtungen vor, daß der Durchgang reingezüchteter, bierschädlicher Pediokokken durch gewisse Nährböden die Virulenz der Pediokokken abstumpfen kann; die künstliche Herstellung eines kranken Bieres aus solchen Kulturen ist, wenn überhaupt, dann nur durch einen länger dauernden Anpassungsvorgang möglich. In den Zwischenstadien der Anpassung kann eine gewisse Zeit hindurch Sarcinawachstum ohne Krankheitserscheinung bemerkt werden; hingegen ist die Herstellung eines sarcinakranken Bieres vermittelst *virulenter* Pediokokken ein einfacher, sich rasch abwickelnder Infektionsvorgang, wobei die Neigung zur Krankheitserscheinung unabhängig von der Stärke des Wachstums erscheint. Bezüglich des Begriffes „Virulenz“ ist übrigens nicht außer acht zu lassen, daß dieser als Konsequenz des längst eingebürgerten Begriffs „Bierkrankheit“ ebenso wie letzterer eine Verschiebung gegenüber dem in der medizinischen Bakteriologie üblichen erleiden muß. Pflanzliche und tierische Individuen gleicher Art reagieren trotz der eine gewisse Rolle spielenden individuellen Disposition in wesentlich gleichem und daher *für die betreffende Art wissenschaftlich festgestelltem* Sinne auf Eingriffe in ihren Organismus und wehren sich dagegen. Man kann daher aus dem Grade dieser Reaktion auf die physiologische Beschaffenheit der angreifenden pathogenen Bakterie schließen. Das *Bier* jedoch, als lebloser Körper von sehr verschiedenartiger und selbst schon während seines Entstehens *wesentlichen Aenderungen* seiner Bestandteile unterworfener Zusammensetzung, die sich unserer Kenntnis noch vielfach

entzieht, gestattet oftmals nicht, zu entscheiden, inwieweit seine infolge Bakterienangriffs erfolgte Zustandsänderung auf Rechnung des Angreifers und inwieweit auf die Disposition des Angegriffenen zurückzuführen ist. Noch verwickelter werden diese Verhältnisse durch die biologische Mitwirkung der Bierhefe und den Einfluß ihrer Ausscheidungen auf die größere oder geringere Empfänglichkeit des Bieres für die „Erkrankung". Von diesem Gesichtspunkte aus müßte erst eine Einigung über die Ausdehnung erstrebt werden, welche man dem Begriffe „Virulenz" geben darf.

§ 61. Weg zur Lösung der Sarcinafrage. Technisches.

Die Gesichtspunkte, unter welchen die Prüfung eines Organismus der Sarcina- bzw. Pediokokken-Gruppe auf sein Verhältnis zum Bierbereitungsprozeß geschehen kann, seien etwa folgendermaßen angedeutet. In erster Linie ist der Herkunft des Keimes Aufmerksamkeit zu schenken; es ist festzustellen, aus welcher Phase des Bierbereitungsprozesses oder aus welchem Stadium der Verderbnis fertigen Bieres der fragliche Keim stammt. Ferner, ob die Verhältnisse der Brauerei, aus welcher der betreffende Keim herkommt, so geartet sind, daß Infektionsmöglichkeiten von Feldern, Mälzereien, überhaupt von außen häufig und in reichem Maße gegeben sind, oder ob dies weniger oder nicht der Fall ist und man es gewissermaßen nur mit einer Inzucht zu tun hat. Dann muß die Wechselwirkung studiert werden, welche zwischen der „Sarcina" und der jeweiligen Zusammensetzung ihrer N ä h r b ö d e n (Würze und Bier), der K u l t u r h e f e in verschiedenen physiologischen Zuständen, sowie den mitwirkenden wechselvollen p h y s i k a l i s c h e n insbesondere kinetischen Einflüssen besteht. Diese dreifache Wechselwirkung muß den jeweiligen physiologischen Zustand der Bierpediokokken und eventuell auch deren Nachkommen und dadurch den Grad der für den Pediokokkus spezifischen Krankheit oder auch deren gänzliches Ausbleiben bedingen. Andererseits sind die in verschiedenerlei Entwicklungsstufen begriffenen Sarcinen und Pediokokken verschiedener Provenienz, welche von außen auf mancherlei Wegen in den Betrieb eindringen, auf ihr Verhalten unter den Einflüssen der Betriebspraxis zu untersuchen, um einer etwaigen Anpassung an eine ihrer Phasen auf die Spur zu kommen. Eine gewisse Wahrscheinlichkeit hat die Ansicht für sich, daß der Ursprung der „Sarcina" in den menschlichen und tierischen Exkrementen zu suchen wäre, und daß aus diesen durch allmähliche Angewöhnung an säurebildende Organismen (ZIKES [1]) und hefenähnliche Formen — was z. B. auf der Gerste geschehen kann — der Bierpediokokkus sich heranbildet. Inwieweit es sich dabei um eine Umwandlung echter Sarcina zu letzterem handelt, muß sich aus vorsichtig und einwandfrei durchgeführten Laboratoriumsversuchen ergeben. Die Brücke von der Gerste zum Biere ist bereits geschlagen, wenn auch noch nicht ins einzelne ausgebaut. Dagegen ist die Bierschädlichkeit der mittelst Hefenwasser und ammoniakalischer Nährböden nachgewiesenen Sarcinen des Feldes etc. noch nicht durch Laboratoriumsversuche in vitro festgestellt, wenn auch in der Praxis wahrscheinlich gemacht.

Im technischen Betriebe mitbestimmend für die Infektion und ihre Wirksamkeit ist noch die Konkurrenz fremder Mikroorganismen. Es würde z. B. in nicht zu stark gehopften, hellen Bieren die Sarcina

gut gedeihen, wenn jene nicht auch gleichzeitig für die wilde Hefe einen vorzüglichen Nährboden abgäben, so daß man wilde Hefe häufig in der Ueberzahl darin findet. Es kann dadurch die Täuschung entstehen, daß helles Bier überhaupt ein schlechter Nährboden für Sarcina sei, was, wenn man von der häufig stärkeren Hopfung desselben absieht, bezüglich der sonstigen Extraktzusammensetzung durchaus nicht immer der Fall zu sein braucht. Werden die Konkurrenten der Sarcina durch irgendwelche Eingriffe geschädigt, so kann letztere zur Alleinherrschaft gelangen und dies in Fällen, wo ihr Vorhandensein vorher nur wenig bemerkt wurde. Auch sei hier das Interesse auf das mögliche parasitische und saprophytische Verhalten der Pediokokken der Hefe gegenüber gelenkt. Es liegen Anzeichen dafür vor, daß man jene einerseits als Hefenschädlinge betrachten und folgerichtig auch von einer durch sie verursachten Hefenkrankheit sprechen könnte, wobei sich die Frage aufdrängt, welcher physiologische Zustand der Hefe diesen Parasitismus am meisten begünstigt. Andererseits lassen es manche Erfahrungen als wahrscheinlich erscheinen, daß die Pediokokken an den Zerfallsprodukten der Hefe einen guten Nährboden finden. Außerdem wäre ein vergleichendes Studium bereits üblicher Nährböden und Züchtungsverfahren, sowie die Auffindung einer Methode, welche die rasche und sichere Erkennung nicht nur bereits akklimatisierter (also unmittelbar schädlicher), sondern auch etwa *akklimatisationsfähiger* (also bedingungsweise schädlicher) Sarcinen und Pediokokken gewährleistet, eines der nächsten Ziele der Forschung.

Bei Gebrauch von gehopfter Würze und Bier als Nährboden soll nicht unterlassen werden, die Stärke der Hopfung mitzuteilen, sowie Angaben beizubringen, aus denen man sich ein Bild von der Beschaffenheit dieser Nährböden bezüglich Biertypus, Vergärbarkeit, Verzuckerung, Glutinreichtum u. a. machen kann. In engem, ursächlichem Zusammenhang mit den physiologischen und biologischen Eigenschaften der Sarcina steht die Zusammensetzung dieser Nährböden, was sowohl bei wissenschaftlichen Forschungen als auch besonders im Betriebe über dem Suchen nach einer Infektion und deren Beseitigung nie außer acht zu lassen ist. Unsere Kenntnisse über Beschaffenheit und Herkunft der Gerste, sowie über die verschiedenen Mälzungs-, Darr- und Brauverfahren bedürfen der Zusammenfassung und Erweiterung hinsichtlich des Einflusses, den sie sowohl auf den chemischen als auch auf den physikalischen Charakter der Würze und des Bieres in ihren Beziehungen zum Sarcinawachstum und zur Krankheit selbst ausüben. Zu berücksichtigen sind hier die in die Würze übergehenden Eiweißkörper und ihre Abkömmlinge, die Abbauprodukte der Stärke und das Verhältnis, in welchem sie zueinander stehen, sowie auch noch andere Stoffe, zumal solche gummöser und kolloider Natur. —

Zur **Auffindung des Krankheitskeims im Gärkeller** läßt man das zum Fassen reife Bier in verschlossenen Fläschchen einen oder mehrere Tage bei Zimmertemperatur stehen und mikroskopiert den Absatz. Die Stellhefe kann direkt mikroskopiert werden; sehr geringe Mengen Sarcina und überhaupt allerlei andere Organismen findet man durch kräftiges Verrühren einer gewissen Hefenmenge mit Wasser, kurzes Absetzenlassen der Hefe und Untersuchung des noch trüben Schlemmwassers, entweder direkt oder nach dem Absetzen. Ueber den Nachweis von Sarcina in der Hefe s. S. 174. Ferner läßt sich Sarcina in der Hefe nach LINDNER (9 u. 10) durch Einschließen von Hefe mittelst

Vaselinring auf dem Objektträger auffinden (s. S. 172). Zu gleichem Zwecke impft EVANS (1) die zu untersuchende Hefe in eine Kohlenhydratlösung, die der Hefe wenig zusagt, z. B. Milchzucker. Nach CLAUSSEN (2) verteilt man 2–3 g dickbreiige Hefe in 10 ccm einer halbprozentigen Mischung von Flußsäure und Fluorammonium, läßt eine 5 halbe Stunde stehen und bringt dann 2–3 Tropfen davon auf Würzegelatine, auf welcher dann, wenn die Hefe gut verteilt war, nur Pediokokken wachsen. Das Verfahren wird auch für die Prüfung der Reinhefenzylinder empfohlen; zu letzterem Zwecke empfiehlt WILL das ammoniakalische Hefenwasser. 10

Im Lagerkeller findet man die Sarcina durch direktes Mikroskopieren des Bieres nur in Fällen bereits vorgeschrittener Krankheit. Anderenfalls behandelt man herausgenommene Zwickelproben ähnlich auf Fläschchen wie das Gärkellerbier; die günstigste Temperatur des Stehenlassens ist 15—20° C. Die Zeit, welche bis zum Auftreten von 15 Krankheitserscheinungen verstreicht, gilt zufolge VON HUTH (1) und LINDNER (10) als Maß der Beurteilung des Infektionsgrades. Auch kann man nach SCHÖNFELD (3) einen oder mehrere Tropfen Bier auf sterile Fläschchen mit Hefenwasser impfen; Untersuchung nach 8—14 Tagen. Ferner Anwendung der Tröpfchenkultur nach LINDNER für Biere nach 20 der Haupt- und Nachgärung (s. S. 171).

Zur **Feststellung einer Selbstinfektion in der Brauerei** hat man sein Augenmerk darauf zu richten, ob nicht Späne, gebrauchte Filtermasse, Faßgeläger, Bier, überhaupt allerlei Provenienzen aus dem Lagerkeller mit Würze, Stellhefe, gärendem Bier, Waschwasser, Geräten etc. 25 in Berührung kommen. Zu beachten sind in dieser Hinsicht noch besonders die Herkünfte aus den Schwankhallen, den Trinkstätten, den Transportfässern und Flaschen. Besondere Aufmerksamkeit ist den Rohrleitungen, den Wänden und dem Holze der Bottiche, Apparaten, sowie den Pflasterungen der Keller zu widmen. Die Uebertragung kann direkt 30 geschehen oder durch Vermittlung der Kleider, Schuhe, Hände der Arbeiter, durch den Boden, das Gebrauchswasser, die Geräte, den im Hofe entstehenden Staub etc. Die Infektionsmöglichkeiten sind sehr mannigfaltig und oft unauffällig. Noch beim Ausschank kann das Bier untrinkbar werden durch infizierte Pressionen u. dgl. Die Infektion mit der 35 Brauerei selbst entstammender Sarcina ist die gefährlichste.

Von den **von außen stammenden Infektionen** kommen in Betracht: Staub und andere Provenienzen aus der Mälzerei, entweder direkt durch die Luft aufs Kühlschiff, in die Hefe, in die Gärungen getragen, oder durch Vermittlung von Wasserreserven, Arbeitern etc. Ferner Luft, 40 welche Staubteilchen von gedüngten Feldern, Düngerhaufen, Ställen mitführt. Dann Wasser, welches sarcinahaltige Zuflüsse erhält, sei es aus industriellen Betrieben oder aus Ackerböden u. dgl. Schließlich Zeug aus anderen Brauereien, eine der häufigsten und verderblichsten Infektionen. 45

Die Untersuchung geschieht entweder durch direkten mikroskopischen Nachweis, je nach Lage der Sache, oder durch Nachweis mittelst Kulturen, z. B. durch die Gärprobe nach WILL und PRIOR (s. S. 187) und mit Luftbeschränkung nach REICHARD (2), wie auch durch das Verfahren von LUFF (1); vergl. S. 188. 50

CLAUSSEN verwendet zur Unterdrückung der Konkurrenten der Pediokokken eine Mischung von Flußsäure und Fluorammonium. HERM. WILL (10) erhitzt zu gleichem Zwecke das Bier auf °05.

Besondere Nährböden für Luftuntersuchung auf Sarcina sind Hefenwasser bzw. Gelatine nach SCHÖNFELD (3), für Wasseruntersuchung nach WILL (12) ammoniakalisches Hefenwasser. Prinzipiell sollen ja (s. S. 184) nach HANSEN für alle biologischen Untersuchungen der 5 Brauerei, also auch für die auf Sarcina, nur Würze und Bier Anwendung finden; diese Nährböden setzen nach anderweitig gemachten, oben angedeuteten Erfahrungen voraus, daß man es dabei mit bereits an ähnliche Nährböden gewöhnten Sarcinaorganismen zu tun hat. Sarcinaorganismen, die nicht in gehopfter Würze und Bier 10 wuchsen, gediehen außer in Hefenwasser auch in ammoniakalisch gemachter Würze zufolge VON HUTH oder in Fleischsaft zufolge LINDNER. Die Schädlichkeit der mit ammoniakalischem Hefenwasser, mit ammoniakalischer Würze oder mit Fleischsaft nachgewiesenen Sarcinaorganismen ist allerdings nicht festgestellt; bei unserer lückenhaften Kenntnis über 15 „Sarcina" ist jedoch eine Auffindung derselben auf diesem Wege immerhin als verdächtig für den Betrieb zu betrachten. Sarcinen bzw. Pediokokken, die in gehopfter Würze, Bier, sowie bei Hefengärungen gedeihen, darf man unbedingt als schädlich ansprechen, weshalb diese Art der Untersuchung zwecks Nachprüfung der mit Hefenwasser oder 20 ammoniakalischen Nährböden erhaltenen Resultate geraten erscheint; andererseits würde ein Nichtwachsen in jenen Medien noch kein Beweis für die absolute Unschädlichkeit der betreffenden Sarcinaorganismen sein.

Ueber **Arbeitsweise im Betrieb und Disposition des Bieres zur Erkrankung** wurden im § 59 bereits mehrfache Andeutungen ge- 25 macht. Hinzuzufügen ist noch, daß das Malz die richtige Auflösung besitze, also weder hart noch überlöst („forciert") sein soll. Hopfenqualität und Hopfengabe beeinflussen die Empfänglichkeit des Bieres erheblich. Die Frage, ob helle oder dunkle Biere mehr zur Erkrankung neigen, dürfte ebenso eine Frage der Hopfung, als eine solche der Extrakt- 30 beschaffenheit sein; auch spielt dabei im technischen Betrieb eine Begünstigung anderer Organismen, also deren Konkurrenz, eine Rolle. Beim Abkühlen der Würze soll nicht zu viel Trub in dieser bleiben, wodurch die Hefenbewegung eine zu erhöhte wird, und damit auch die Angewöhnung der Sarcina an das Schwebenbleiben im Biere. 35 Aehnlich wirkt auch eine schlecht klärende Hefe. Die anzustellende Würze ist kräftig zu lüften. Die Hefe soll einer widerstandsfähigen Rasse angehören. Die Hefegabe sei reichlich; man vergleiche darüber SCHÖNFELD (4). Durch Gärung in stark gehopfter Würze läßt sich die Sarcina in der Hefe vermindern. Beim Hefenwaschen ist für Unschäd- 40 lichmachung des abfließenden Wassers peinlich zu sorgen. Sarcinahaltige Hefe soll nicht lange aufbewahrt werden, auch nicht im Eiskasten. Reinigungsverfahren und Reinigungsmittel für Geräte aller Art sind die gewöhnlichen zur Desinfektion gebrauchten (vgl. S. 178 u. f.), wobei jedoch nicht außer acht gelassen werden darf, daß 45 Fluorsalze in sehr großer Verdünnung das Wachstum der Pediokokken nicht mehr verhindern, sondern sogar eher begünstigen können. Fluorsalze müssen daher in ausreichender Menge angewendet werden. WILL und BRAUN (1) empfehlen zur Desinfektion von Gerätschaften eine 5-proz. Lösung des sauren Fluorammoniums, für Gummischläuche eine 50 0,5-proz., bei einer Einwirkungsdauer von 12—24 Stunden. Bei einem länger als 3—4 Wochen dauernden Gebrauch dieser Lösung tritt jedoch die oben angedeutete Gefahr ein. Ueber Reinhaltung der Gärkeller spricht LUFF (2). Bei Anwendung von Desinfizientien mit alkalischer

Reaktion, z. B. Kalk, rät von Huth (2) zur Vorsicht, da zurückbleibende Reste solcher das Sarcinawachstum eher fördern als hemmen könnten. Starke Vergärung bei der Hauptgärung und schwache Nachgärung sind anzustreben. Prinzip für die Behandlung der mit Sarcina infizierten Biere im Lagerkeller sei vor allem möglichste Ruhe und Kälte. Ist Ausbruch der Sarcinakrankheit zu befürchten, dann greife man zur Anwendung des Verfahrens von Reichard und Riehl (s. S. 225) oder desjenigen von Lindner (13). Kein Verschneiden von gesundem mit krankem Biere. Reine Gebinde und Flaschen, kaltes und schaumfreies Abfüllen, sachgemäße Behandlung der Lagerfässer. Genügende Pasteurisation; mangelhaftes Pasteurisieren kann zufolge Will (10) und Schönfeld (3) der Sarcina zur Alleinherrschaft über ihre Konkurrenten verhelfen.

Die Verhütungsmaßregeln gegen Infektion mit Sarcina im allgemeinen richten sich nach der Art der Infektionsquelle. Reinhefe bietet keine absolute Gewähr gegen die Sarcinakrankheit, da die Gärungen jener mit Betriebswürze bereits in den ersten Generationen beträchtliche Sarcinainfektion zeigen können, wenn die reine Hefe nicht auch auf reine Würze kommt. Als Fingerzeig allgemeiner Natur soll noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Biersarcina gerne der Kulturhefe überallhin folgt: vgl. z. B. die Beobachtung von Luff auf S. 155. Im Betriebe tritt die Sarcina manchmal dann erst verheerend auf, wenn Infektionen gröberer Art, etwa mit wilder Hefe, beseitigt sind. Die Notwendigkeit einer steten wissenschaftlichen Kontrolle des Betriebs mag auch daraus erhellen, daß eine Infektion den Sinnen des Praktikers lange latent bleiben (vgl. S. 167) und daß die Krankheit dann plötzlich explosionsartig ausbrechen kann. Nur strenge und gründliche Maßnahmen gewährleisten eine Wiederausrottung des Feindes, der kaum ganz zu beseitigen ist, wohl aber in Schranken gehalten werden kann.

§ 62. Saccharomyces apiculatus und Dematium pullulans in der Brauerei.

Ueber das Vorkommen des *Saccharomyces apiculatus* in den Brauereien von untergärigem Bier hat H. Will (6, 8, 9) eingehende Feststellungen gemacht. Einer ohne weitere Vorbereitung ausgeführten Untersuchung von Würze, Hefe und Jungbier unter dem Mikroskop entgeht dieser Schädling zumeist, denn die Anzahl seiner Zellen darin ist, abgesehen von einzelnen Fällen, in welchen sie häufiger sowohl in Braunbier- wie in Weißbierwürzen gefunden wurden, in der Regel eine verhältnismäßig geringe. Wenn die Würzeproben dagegen zuvor einige Tage unter Watteverschluß stehen blieben und die Hefen dem durch Emil Chr. Hansen zuerst angegebenen (s. S. 169) und von H. Will modifizierten Weinsäureverfahren unterworfen worden waren, dann konnte Will in der Mehrzahl (57 Proz.) der untersuchten Proben von Würze, Betriebshefen und Jungbieren den *S. apiculatus* nachweisen. A. C. Chapman (2) fand diese Hefe sogar einmal mitten im Winter öfters in der Würze einer Londoner Brauerei, welche weit ab von Gärten lag. Irgend ein Zufall mochte diese Infektion herbeigeführt haben, die später wieder vollständig verschwand. *S. apiculatus* gehört im Gegensatz zu der früheren, nur auf vereinzelte Beobachtungen gestützten Annahme von L. Engel (2), E. Chr. Hansen (3) und Morris (1) zu den häufigsten, ja fast regel-

mäßigen Gärungserregern, welche im Brauereibetrieb als Verunreinigung vorkommen. In manchen Jahren tritt er epidemisch auf, während er wieder in anderen verhältnismäßig selten ist. Oertliche Verhältnisse und die in gut geleiteten Brauereibetrieben auf einem hohen Stande stehende Reinlichkeitspflege tragen zu dem mehr oder minder häufigen Auftreten jedenfalls wesentlich bei. So berichtet L. ENGEL (2) schon im Jahre 1872, daß er den *S. apiculatus* in sehr reichlichen Mengen in Bier aus der Weinbaugegend des Elsaß gefunden habe, und damit stimmen die Erfahrungen von H. WILL mit Bieren aus anderen Gegenden mit Weinbau überein. Der Ursprung dieser Hefe ist ohne weiteres klar.

In einzelnen Betrieben, in welchen der *S. apiculatus* neben anderen wilden Hefen nicht selten nachzuweisen war, scheint er wie diese durch peinlichste Sauberkeit und Einführung von Reinzuchthefe nahezu völlig unterdrückt worden zu sein. Die Beseitigung der Trubsäcke, dieser gefährlichsten aller Infektionsquellen, in welchen sich der *S. apiculatus* zufolge der Angabe von WILL (4) häufig als Verunreinigung findet, hat offenbar hierbei mitgewirkt.

Daß dieser Sproßpilz in den untergärigen Brauereien, wenn er in größerer Zahl auftritt, einigen Schaden stiften kann, das ist durch die von E. CHR. HANSEN (4) gemachten Beobachtungen außer Zweifel gestellt. Zusammen mit untergäriger Bierhefe eingesät, beeinträchtigt er wahrscheinlich durch seine Stoffwechselprodukte die Entwicklung seines Genossen, wird aber dann allerdings in der Regel von diesem während der Hauptgärung zurückgedrängt, vermag aber nach den Beobachtungen von H. WILL im Lagerfaß unter Umständen wieder zu reichlicher Entwicklung zu kommen. Eine Unterdrückung oder wenigstens ein bedeutendes Zurückdrängen des *S. apiculatus* während der Hauptgärung findet jedoch nicht immer statt, wie ein von H. WILL eingehend untersuchter Fall einer untergärigen Bierhefe zeigte, welche aus einer badischen Brauerei stammte. Hier konnte der Sproßpilz durch seine charakteristische Form schon direkt in zwei verschiedenen Proben in großer Zahl nachgewiesen werden. Nach einmaliger Vermehrung in Würze war das Verhältnis der Zellen der Bierhefe zu denjenigen von *S. apiculatus* wie 1 : 1. Die Hefen bestanden also aus einer Mischung von nahezu gleichen Teilen beider Arten. Beachtenswert ist jedenfalls, daß der Geschmack der mit dieser Betriebshefe hergestellten Biere nicht befriedigte.

Im Faßgeläger und im Absatz von kranken Bieren finden sich neben wilden Hefen zuweilen lebensfähige Zellen von *S. apiculatus* in nicht geringer Anzahl, in ersterem sogar in sehr großer vor, und es ist nach den Angaben von L. VAN DEN HULLE und VAN LAER (1) und nach den Beobachtungen von WILL und P. LINDNER (11), welche sich auf den in Bierwürze durch verschiedene Reinkulturen von *S. apiculatus* hervorgerufenen Geschmack beziehen, nicht ausgeschlossen, daß in diesem Falle auch der Geschmack des Bieres durch den *S. apiculatus* beeinträchtigt wird. Verschiedene von H. WILL aus Bier gezüchtete Reinkulturen von *S. apiculatus* riefen in Würze einen schimmelig-muffigen Geruch hervor. Studien in dieser Richtung würden unsere Kenntnisse von den Bierkrankheiten voraussichtlich nicht unwesentlich erweitern. Ueber das Auftreten dieses Pilzes im Lambic vergl. § 63.

Der *S. apiculatus* besitzt selbst in sehr alkoholreichen Bieren eine große Widerstandsfähigkeit. RICHARD BRAUN (1) fand in einem Bier trotz des hohen Alkoholgehaltes von nahezu 8 Proz., welchem der

S. apiculatus mindestens fünf Jahre lang ausgesetzt war, noch lebende Zellen desselben.

Die Gefahr der Einschleppung dieses Schädlings wie auch der anderen wilden Hefen durch die Insekten und den staubbeladenen Wind ist zu jener Jahreszeit besonders groß, in der die süßen Früchte reifen. Diese 5 sind ja der Ort der Vermehrung und die Hauptquelle, von der aus die wilden Hefen fortgetragen werden (s. Bd. IV, S. 154—155). Diese Tatsache gibt eine wenigstens teilweise Erklärung für den alten Erfahrungssatz der Bierbrauer, daß man in den Monaten Juli bis September mit dem Brauen aussetzen solle, widrigenfalls man über schlechte Bottichgärungen 10 und unrein schmeckende Biere zu klagen haben werde. Und so hören wir denn beispielsweise die im Jahre 1616 gegebene Kurfürstlich bayrische „Landts und Polizey Ordnung" befehlen, daß das Bierbrauen während der Zeit vom 23. April (Georgi) bis 29. September (Michaeli) bei strenger Strafe verboten sei. „Und damit solche Ordnung hierinn stattlich ge- 15 halten werden mög, sollen allen Bierbrewern in unseren Stätten und Märkten ihre Bierkessel durch die Obrigkeit eines jeden Ortes verpetschiert werden."

Von der Gefahr der Ansteckung, wie sie von seiten jener Schädlinge droht, haben jene Brauereien nur wenig oder gar nichts zu be- 20 fürchten, welche die Bierwürze in geschlossenen Gefäßen (s. S. 136) abkühlen und mit keimfrei gemachter Luft sättigen. Die Berechtigung des Rufes nach gänzlicher Abschaffung des offenen Kühlschiffes wird aus dem Gesagten nun auch leicht zu entnehmen sein. Daß sie praktisch durchführbar ist, beweisen einige Betriebe, in welchen solche ge- 25 schlossene Apparate aufgestellt sind. Ihrer weiteren Verbreitung haben sich jedoch verschiedene Schwierigkeiten insbesondere hinsichtlich der Lüftung entgegengestellt; außerdem verlieren die Biere leicht den gewohnten vollmundigen Geschmack. In einigen Brauereien wurde infolgedessen sogar das System der keimfreien Kühlung und 30 Lüftung der Würze wieder aufgegeben, und so arbeitet auch heute noch die Mehrzahl der Betriebe mit offenen Kühlschiffen. Trotzdem gelingt es unter Wahrung einer geordneten Reinlichkeitspflege und unter Beobachtung der Vorsichtsmaßregel, die Würze nur so lange auf dem Kühlschiff zu belassen, bis sich der größte Teil des Trubes abgesetzt hat 35 und die Temperatur nicht weit unter 40° C gesunken ist, sehr haltbare Biere herzustellen.

Wilde Hefen, insbesondere auch solche aus der Gruppe des *S. apiculatus*, finden sich, zufolge der Beobachtungen von T. H. Brown und G. H. Morris (1) sowie von Joh. Behrens (1), auch auf dem Hopfen 40 nicht selten (s. S. 166). Sie gelangen dorthin vermutlich mit dem Staube der Luft und wohl selten nur durch Insekten (Bienen und Wespen; denn diese pflegen dem Hopfenstock nur ganz ausnahmsweise Besuche abzustatten. In jenen Brauereien Amerikas und Englands, in denen man in das Versandtfaß Hopfen stopft (s. S. 150), kommen also 45 damit auch die Zellen des genannten Sproßpilzes und anderer wilder Hefen in das Bier. Die kräftige Nachgärung, welche man neben Hervorrufung eines bestimmten Aromas und eines bestimmten Geschmackes sowie einer rascheren Klärung des Bieres durch diesen Hopfenzusatz bezweckt und erreicht, kommt jedoch nicht durch die Tätigkeit der mit 50 dem Hopfen eingeführten wilden Hefen zustande, sondern soll nach der Anschauung der beiden ersten Forscher dadurch bedingt sein, daß die in dem lagernden Biere enthaltenen Amyloine und Dextrine durch die

in dem zugesetzten Hopfen vorhandene Diastase in Zucker übergeführt und hierauf von den im Bier noch schwebenden Bierhefenzellen unter Kohlensäureentwicklung verarbeitet werden. Möglicherweise ist jedoch der Vorgang nur durch rein mechanische Einflüsse bedingt. Zweifellos 5 entwickeln sich jedoch diese wilden Hefen manchmal im Bier und trüben es.

Gleichzeitig mit Bakterien und wilden Hefen gelangen auf dem gleichen Wege wie diese, insbesondere durch staubbeladene Luft, Schimmelpilze der verschiedensten Art, *Mucor*, *Oidium* und vor allen der überall verbreitete Tintenschimmel, auf das Kühlschiff und in die 10 auf demselben liegende Würze. Wenn sich diese Pilze auch in gehopfter Würze sehr üppig entwickeln können, also einen günstigen Nährboden in ihr finden und die ihnen eigentümlichen Umsetzungen, wie alkoholische Gärung bei gewissen Arten, den scharfen Geruch und Geschmack bei *Penicillium*, hervorrufen, so haben doch die in die Bier- 15 würze gelangenden Keime derselben für die Brauerei keine Bedeutung. Sie können bei der verhältnismäßig langsamen Entwicklung neben den rasch sich vermehrenden und in lebhaftester Gärung befindlichen Bierhefenzellen nicht aufkommen und gehen zugrunde, bevor sie noch Schaden in der Würze stiften konnten.

20 Dem gleichen Schicksal verfallen wohl in der Regel die Keime des im 12. Kapitel des IV. Bandes genauer beschriebenen *Dematium pullulans*, welche auch auf den Braumaterialien (s. S. 163) vorkommen. Bemerkenswert ist, daß bei der Entwicklung des Pilzes in Bierwürze, wie PAUL LINDNER (6) zuerst gefunden hat, ebenso wie bei dem Wachstum in 25 Wein meist eine Verschleimung der Würze auftritt und zwar in noch viel höherem Grade als beim Wein. Ungehopfte Würzen lieferten O. VON SKERST (1) noch günstigere Resultate als gehopfte. Der Hopfen scheint also auf die Entwicklung des Schleimes hemmend zu wirken. Die Würze, welche in ihrem Aussehen wenig verändert ist, zeigt eine intensiv fadenziehende 30 Beschaffenheit. Aehnlich wie in gehopfter Braunbierwürze verhält sich *Dematium* auch in Weißbierwürze und in Rohrzuckerlösung; in letzterer tritt jedoch die Zähflüssigkeit weniger deutlich hervor. Am deutlichsten ist die fadenziehende Eigenschaft bei der Weißbierwürze ausgebildet; letztere scheint überhaupt die günstigste Nährflüssigkeit für den Pilz 35 zu sein.

Die Zähflüssigkeit ist durch eine kräftige Verschleimung der Zellhaut bedingt; der Schleim selbst ist sehr durchsichtig und sogar unter dem Mikroskop nur schwierig zu erkennen. Die Würze wirkt so sehr begünstigend auf das Verquellen der Zellhaut ein, daß eine mit Dema- 40 tiumzellen beimpfte und flach auf einem Objektträger oder einer Petrischale ausgebreitete Schicht, wie ebenfalls P. LINDNER (12) beobachtet hat, nach einem Tage zu einem Gallertkuchen erstarrt, in welchem sich zahlreiche Kolonien bilden. Ein mit dieser Sachlage nicht Vertrauter würde ohne weiteres zu der Anschauung gebracht, er habe eine Gelatine- 45 plattenkultur vor sich.

Bei Luftabschluß tritt, wie O. VON SKERST gezeigt hat, sowohl in gehopfter wie in ungehopfter Würze die Entwicklung des Pilzes später auf als bei Luftzufuhr, jedoch wird die ganze Flüssigkeit früher dick und ölig. Die Schleimbildung scheint nicht nur durch die Gegenwart 50 bestimmter Zuckerarten sondern auch gewisser stickstoffhaltiger Nährstoffe (Peptone) beeinflußt zu werden. Die Zähflüssigkeit hört in allen Fällen auf, wenn durch Aufzehrung der dargebotenen Nährstoffe das Wachstums des Pilzes seinen Abschluß erreicht hat. Auch auf Würze-

gelatine, welche von dem Pilz langsam verflüssigt wird, kann es zur Bildung beträchtlicher Ansammlungen von feuchtglänzenden, schmutziggrauen bis grauen Schleimkuchen kommen, welche zusammenfließen. Sie bestehen fast nur aus mehr oder weniger hefenähnlichen Zellen und den Schleimhüllen, von welchen sie umgeben sind. Als Begleiterscheinung 5 der Verschleimung tritt in der davon betroffenen Würze ein weicher, pappiger Geschmack auf. Dieser erhält sich auch dann noch, wenn die Würze durch Zusatz von Hefe vergoren wurde. Während der Gärung verschwindet die Zähflüssigkeit fast ganz.

P. Lindner hat die Vermutung ausgesprochen, daß vielleicht in 10 einzelnen Fällen, in welchen die Ursache des „Langwerdens" von Weißbier (s. S. 220) und von Würze noch nicht erkannt wurde, dieses auf die Gegenwart von *Dematium pullulans* zurückgeführt werden kann. Genauere Untersuchungen liegen aber hierüber noch nicht vor und es fehlen auch noch Erfahrungen aus der Praxis. Ob also *Dematium* 15 *pullulans* zu den bierschädlichen, krankheitserregenden Organismen gehört, läßt sich bis jetzt noch nicht beurteilen.

Literatur

zum Kapitel Bierkrankheiten.

*Aubry, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1892, Bd. 15, S. 42. *Bail, Th., (1) Flora, 1857, Nr. 27—28, S. 438. *Balcke, Julius, (1) W. f. Brauerei, 1884, Bd. 1, S. 181. *Barth, G., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1901, Bd. 24, S. 333. *Bavay, de, (1) The Brewer's Journ., London, 1889, S. 490. *Becker, C., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1899, Bd. 22, S. 5. *Behrens, Joh., (1) W. f. Brauerei, 1896, Bd. 13, S. 802 u. 946. *Bělohoubek, A., (1) Der böhm. Bierbrauer, Prag 1885. *Bersch, J., (1) Die Bierbrauerei, 1881. *Braun, Richard, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1902, Bd. 25, S. 409. *Brown, Adrian J., (1) J. federated Inst. Brewing, 1895, S. 423. *Brown, H. T., und Morris, G. H., (1) Transact. of the Inst. Brewing, 1893, Bd. 6, S. 94. — (2) J. federated Inst. Brewing, 1895, Bd. 1, S. 15. *Cienkowski, (1) Bull. d. Petersburger Akad., 1873, Bd. 17. *Chapman, Alfred C., (1) J. Inst. Brewing, 1904, Bd. 10, S. 382. — (2) Ebenda, S. 394. *Chaptal, (1) L'art de faire le vin, 1807. *Claussen, Hjelte N., (1) Centralbl., f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 10, S. 561. — (2) Comptes rendus de Carlsberg, 1903, Bd. 6, S. 64. — (3) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 117. — (4) American Brewer's Review, Chicago, 1905, Bd. 19, S. 247. *van Dam, L., (1) Bull. de l'association belge de Chimistes, 1896, Bd. 9, S. 245. *Engel, L., (1) Les ferments alcooliques. Paris 1872, S. 30. — (2) Ebenda, S. 30 u. 53. *Evans, (1) J. federated Inst. Brewing, 1903, Bd. 9, S. 35. *Fellowes, F. W., (1) Transact. North Engl. Inst. Brewing, Manchester, 1894, S. 107. *Francke, G., (1) W. f. Brauerei, 1884, Bd. 1, S. 727. *Frew, (1) Journ. Soc. chem. Industry, 1898, Bd. 17, S. 561. *Grönlund, Chr., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1887, Bd. 10, S. 469. — (2) Ebenda, 1892, Bd. 15, S. 281. *Hajek, Th., (1) Der Bierbrauer, Worms, 1904, Jahrg. 34, S. 373. *Hansen, E. Chr., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1879, Bd. 1, S. 96. — (2) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1880, Bd. 3, S. 335 u. Taf. V, Fig. 46. — (3) Comptes rendus de Carlsberg, 1881, Bd. 1, S. 161. — (4) Ebenda, S. 179. — (5) Ebenda, 1882, Bd. 1, S. 197; 1883, Bd. 2, S. 13. — (6) Ebenda, 1882, Bd. 1, S. 208. — (7) Ebenda, 1883, Bd. 2, S. 52. — (8) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1883, Bd. 6, S. 480. — (9) Ebenda, 1888, Bd. 11, S. 7. — (10) Ebenda, 1890, Bd. 13, S. 4. — (11) Untersuch. aus d. Praxis d. Gärungsindustrie, München 1892, Heft 2. — (12) Comptes rendus de Carlsberg, 1894, Bd. 3, S. 212. — (13) Unters. aus d. Praxis d. Gärungsindustrie, München 1895, 2. Aufl., Heft 1, S. 79. — (14) Comptes rendus de Carlsberg, 1900, Bd. 5, S. 12. *Harz, (1) Grundzüge d. alkohol. Gärungslehre 1877. *Hayduck, M., (1) W. f. Brauerei, 1885, Bd. 2, S. 267. — (2) Ebenda, 1887, Bd. 4, S. 285. — (3) Ebenda, 1888, Bd. 5, S. 937. *Henneberg, W., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 223; 1898, Bd. 4, S. 14. — (2) W. f. Brauerei, 1901, Bd. 18, S. 382. — (3) Z. f. Spiritusindustrie, 1903, Bd. 26, S. 226. *Heron, J., (1) Diary for the Brewing Room, 1899; ref. in Allg. Brauer- u. Hopfenzeitung, 1899, Nr. 169, S. 1877. *van Hest, J. J., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1903, Bd. 26, S. 808. *Holm, Just. Chr., und Poulsen, S., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1886, Bd. 2, S. 88; 1888, Bd. 2, S. 137. *Holzner, G., (1) Der bayer. Bierbrauer, München, 1871,

S. 11. *van den Hulle, L., und van Laer, H., (1) Mém. cour. et autres mém. publ. p. l'Acad. Royale de Belgique, 1891, Bd. 15 und Z. f. d. ges. Brauwesen, 1891, Bd. 14, S. 578. *Huth, S. von, (1) Allg. Z. f. Bierbr. u. Malzfabr., 1885, Nr. 42, 47 u. 48. — (2) Ebenda, 1886, Nr. 8 u. 49. — (3) Ebenda, 1888, Nr. 25. *Jörgensen, Alfr., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1890, Bd. 13, S. 458. — (2) In Thausing (1) — (3) Die Mikroorganismen d. Gärungsindustrie, 1898, 4. Aufl., S. 238. — (4) Z. f. d. ges Brauwesen, 1898, Bd. 21, S. 113. — (5) Die Mikroorg. d. Gärungsindustrie, 1898, 4. Aufl., S. 262. — (6) Ebenda, S. 248. — (7) Die Hefe in der Praxis, Berlin 1901, S. 98. *Kukla, A., (1) Ber. d. Versuchsanstalt f. Brauindustrie in Böhmen. Prag 1889. *Kützing, Fr., (1) J. f. prakt. Chemie, 1837, Bd. 11, S. 385. *van Laer, H., (1) Mém. couron. de l'Acad. Royale de Belgique 1889, Bd. 43. — (2) Ebenda, 1892, Bd. 47. — (3) Transact. of the Inst. Brewing, London, 1894, Bd. 7. — (4) Comptes rend. de l'Ac., 1900, Bd. 133, S. 53. — (5) J. federated Inst. Brewing, 1901, Bd. 7, S. 337. *Lafar, Fr., (1) Centralbl. f. Bakt., 1893, Bd. 13, S. 684. *Lasché, (1) Der Braumeister, Chicago, 1891, Nr. 10; ref. in Kochs Jahresb., 1891, Bd. 2, S. 152. — (2) Ebenda, 1892, Nr. 9—10; ref. in Kochs Jahresb., 1892, Bd. 3, S. 160. *Lindner, Paul, (1) W. f. Brauerei, 1886, Bd. 3, S. 789. — (2) Ebenda, 1887, Bd. 4, S 437. — (3) Ebenda, 1888, Bd. 5, S. 450. — (4) Ebenda, 1888, Bd. 5, S. 877. — (5) Dissertation, Berlin 1888; ref. in Centralbl. f. Bakt., 1888, Bd. 4, S. 427. — (6) W. f. Brauerei, 1888, Bd. 5, S. 290. — (7) Ebenda, 1889, Bd. 6, S. 181. — (8) Ebenda, 1890, Bd. 7, S. 161 u. 1040. — (9) Ebenda, 1893, Bd. 10, S. 558. — (10) Ebenda, 1895, Bd. 12, S. 316 u. 738. — (11) Ebenda, 1897, Bd. 14, S. 11. — (12) Mikroskop. Betriebskontrolle in d. Gärungsgewerben, 4. Aufl., Berlin 1905. — (13) Ebenda, S. 499. *Lintner, C., (1) Der bayer. Bierbrauer, München 1871. — (2) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1880, Bd. 3, S. 384; 1881, Bd. 4, S. 153. *Luff, G., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 524. — (2) Ebenda, 1904, Bd. 27, S. 573. *Morris, G. H., (1) W. f. Brauerei, 1890, Bd. 7, S. 204. *Munsche, (1) W. f. Brauerei, 1895, Bd. 12, S. 189. *Nägeli, C. von, (1) Die niederen Pilze, München 1877, und Theorie d. Gärung, 1879, S. 120. *Pasteur, L., (1) Etudes sur la bière, Paris 1876. *Petersen, Anton, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen. 1890, Bd. 13, S. 1. *Prior, E., (1) Bayer. Brauerjournal, 1894—95, Nr. 1. — (2) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1895, Bd. 18, S. 395. — (3) Chemie u. Physiologie d. Malzes u. d. Bieres, Leipzig 1896. — (4) Ebenda, S. 509. *Rayman, B., und Kruis, K., (1) Chemisch-biolog. Studien I. Prag 1891, S. 27. *Reess, Max, (1) Botanische Untersuchungen über die Alkoholgärungspilze, Leipzig 1870. *Reichard, Albert, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1894, Bd 17, S 257. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 24, S. 301. *Reichard, A., und Riehl, A., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1895, Bd. 18, S. 59. *Reinke, O., (1) W. f. Brauerei 1885, Bd. 2, S. 748. — (2) Ebenda, 1888, Bd. 5, S. 83. — (3) Ebenda, 1898, Bd. 15, S. 726. *Schönfeld, F., (1) W. f. Brauerei, 1897, Bd. 14, S. 177. — (2) Ebenda, 1898, Bd. 15, S. 285. — (3) Ebenda, 1898, Bd. 15, S. 321. — (4) Ebenda, 1898, Bd. 15, S. 694. (5) Ebenda, 1899, Bd. 16, S. 665. — (6) Ebenda, 1898, Bd. 15, S. 700. — (7) Ebenda, 1899, Bd. 16, S. 681. — (8) Ebenda, 1901, Bd. 18, S. 237. — (9) Jahrb. d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1902, Bd. 5, S. 389. — (10) W. f. Brauerei, 1903, Bd. 20, S. 313. — (11) Ebenda, 1904, Bd. 21, S. 521. — (12) Jahrb. d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1904, Bd. 7, S. 540. *Schönfeld, F., und Rommel, (1) W. f. Brauerei, 1902, Bd. 19, S. 585. *Schröder, H., (1) W. f. Brauerei, 1885, Bd. 2, S. 155. *Skerst, Otto von, (1) W. f. Brauerei, 1898, Bd. 15, S. 354. *Sollied, P. R., (1) W. f. Brauerei, 1904, Bd. 21, S. 2. *Syrée, G., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1899, Bd. 5, S. 6. *Thausing, J., (1) Die Theorie u. Praxis d. Malzbereitung u. Bierfabrikation, 5. Aufl., 1898. *Vogel, Hans, (1) Der bayer. Klein- u. Mittelbrauer, 1897 bis 1898, Bd. 9, S. 89; 1898—99, S. 26 u. f. *Will, H., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1890, Bd. 13, S. 458 u. 522. — (2) Ebenda, 1891, Bd. 14, S. 145. — (3) Ebenda, 1891, Bd. 14, S. 81. — (4) Ebenda, 1892, Bd. 15, S. 77. — (5) Ebenda, 1893, Bd. 16, S. 344. (6) Ebenda, 1893, Bd. 16, S. 29. — (7) Ebenda, 1895, Bd. 18, S. 249; 1898, Bd. 21, S. 243. — (8) Ebenda, 1896, Bd. 19, S. 675. — (9) Ebenda, 1896, Bd. 19, S. 555. — (10) Ebenda, 1898, Bd. 21, S. 558. — (11) Ebenda, 1899, Bd. 22, S. 391. — (12) Ebenda, 1901, Bd. 24, S. 289. *Will, H., und Braun, Richard, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1904, Bd. 27, S. 462. *Windisch, W., (1) W. f. Brauerei, 1889, Bd. 6, S. 761. — (2) Ebenda, 1895, Bd. 12, S. 245. — (3) Ebenda, 1898, Bd. 15, S. 697. *Zeidler, A., (1) W. f. Brauerei, 1890, Bd. 7, S. 1213. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 729. *Zikes, Heinrich, (1) Mitteil. d. Oesterr. Versuchsstation f. Brauerei u. Mälzerei Wien, 1903, Heft 11, S. 20. — (2) Allg. Zeitschr. f. Bierbrauerei u. Malzfabrikation, Wien, 1904, Jahrg. 32, S. 557.

9. Kapitel.

Mykologie einiger besonderer alkoholischer Getränke.

Von

Prof. Dr. H. VAN LAER, Dr. LAFAR, Prof. Dr. C. WEHMER.[1])

§ 63. Lambic, Faro, Mars, Kriekenbier.

Die in Brüssel und einigen anderen Orten Brabants unter den Namen Lambic, Faro und Mars erzeugten Biere sind fast die einzige Erinnerung an jene längst vergangenen Zeiten, in denen man die Bierwürze ebenso wie den Weinmost durch freiwillig sich einstellende Gärerreger verarbeiten ließ. Ein wenig hat sich das Verfahren aber doch geändert, seitdem in Brüssel obergärige und untergärige Brauereien mit modernem Betriebe errichtet worden sind, der seinen Einfluß auch auf die Bereitungsweise der in Rede stehenden Getränke ausgeübt hat.

Nach dem alten **Brauverfahren** wurde in einem Bottich das Gemisch von fein gemahlenem leicht gedarrten Malz und grob gebrochenem Weizen mit Wasser von 40—50° C gemaischt, hierauf mit kochendem Wasser versetzt und mit Weizenspelzen („kaf") bedeckt. Nun tauchte man in die Maische große, schwach konische und durch einen gewölbten Boden abgeschlossene Weidenkörbe („stuyk manden") ein, die ebenso hoch wie der Bottich waren und 55—60 cm im Durchmesser hatten. Die mehlige Brühe („slym") drang in sie hinein, wurde aus ihnen mittelst kupferner Becken („kleyn ketels") herausgeschöpft, in die Hopfenpfanne („slym ketel") gebracht und in dieser dann zusammen mit einer zweiten Maische durch ungefähr 20 Minuten gekocht. Nach einer darauf folgenden Rast wurde zunächst die starke Würze („lambic") gezogen und dann durch Zugießen von kochendem Wasser eine Nachwürze gewonnen. Schließlich wurde die auf dem Kühlschiff auf mittlere Temperatur gebrachte Würze in Fässer von 2—3 hl Inhalt eingegossen und ohne Hefenzusatz sich selbst überlassen. Die bei einigen Brauern früher gebräuchlich gewesene Anstellung mit einer Art von Hefengut wird heutzutage nicht mehr geübt.

Durch die Fortschritte in der Einrichtung der Sudhäuser und eine Aenderung der Steuergesetze sind die stuyk manden fast überall verschwunden, und man arbeitet heute auf Dickmaische. Manche Brauer haben auch auf den Zusatz von Weizenspelzen verzichtet, was sie aber bedauern, weil jene an der Bildung des eigentümlichen Geschmacks des Faro mitwirken, indem sie an diesen eine Art Schimmelgeruch abgeben. Gerstenmalz und Weizen (40—50 Proz.) waren früher das ausschließliche Rohmaterial; heute aber beginnt man schon, auch Maisgries und Reismehl mit zu verwenden. Auf die Malzbereitung legt man jetzt

[1]) Es sind eingelaufen:
§ 63 von H. Prof. Dr. HENRI VAN LAER, Direktor der höheren Brauerschule zu Gent in Belgien, am 25. 5. 1904,
§ 64 „ „ Prof. Dr. C. WEHMER am 27. 6. 1905,
§ 65 u. 66 „ Dr. LAFAR.

etwas mehr Sorgfalt. Nach und nach zieht man beim Maischen auch schon das Thermometer zu Rate und bringt nicht so wie früher oft eine schlecht verzuckerte, stärkereiche, verbrühte Würze in das Faß. Dennoch ist die Arbeitsweise noch immer sehr rückständig; nach wie vor ver-
5 wenden die alten Praktiker ein Malz von 5—7 Tagen Keimdauer, das bei kaum 80° C gedarrt worden ist und ohne Befreiung von den Keimlingen zusammen mit dem Weizen auf die Schrotmühle gebracht wird. An vielen Maischbottichen fehlt das Rührwerk und wird mit hölzernen oder mit eisernen Maischkrücken gearbeitet. Oft setzt man der Würze
10 in der Pfanne 20—50 g ungelöschten Kalkes pro hl zu. Nicht selten bleibt sie zwei Tage lang auf dem Kühlschiff liegen.

Die Lambic-Würze wird durch fünf Stunden gekocht. Man gibt auf jeden Hektoliter der in die Pfanne einlaufenden Würze 550—600 g Hopfen, und zwar größtenteils vorjährigen, von welchem die eine Hälfte
15 bald nach Erreichung der Siedetemperatur und die andere dann drei Stunden darnach zugesetzt wird. Die Würzen für die anderen zwei Biersorten werden vier Stunden lang gekocht und erhalten 350 g Hopfen auf einmal. Wenn man bloß eine Sorte (Faro) erzeugt, kocht man viereinhalb Stunden und gibt 300 g, auf den Hektoliter Ausschlagwürze
20 gerechnet. Die fertige, kalte Würze für Lambic zeigt ein spezif. Gewicht von 1,06—1,07 (= 15—17 Proz. Balling), die für Faro 1.04—1.05 (= 10—12 Proz.) und die für Mars 1.03—1.04 (= 8—10 Proz.). Nachdem die Würze die Nacht über auf dem Kühlschiff gelegen hat, wird sie mit einer Temperatur von weniger als 15° C in Fässer gefüllt,
25 welche im Gärraum zugespundet in zwei oder drei Lagen übereinander derart gelagert werden, daß man leicht zu deren Stirnseiten gelangen kann. Es wird nur in der kalten Jahreszeit, von Oktober bis Mai, gebraut.

Der Inhalt der Fässer steht mit der Außenluft nur durch eine in
30 den Zapfen eingebohrte Oeffnung von 15 mm Durchmesser in Verbindung. An ihr tritt nach einigen Tagen eine kleine, weiße Schaumhaube auf; die **Gärung** hat begonnen. Diese bleibt meist sehr schwach und zieht sich durch mehrere Monate hin. Der Schaum wird später dichter und schmutzig-weiß und vertrocknet schließlich gegen Ende des Sommers
35 ganz und verstopft so die Spundöffnung. Mit Eintritt der ersten Herbstfröste verlangsamt die Gärung ihren Verlauf und kommt im darauf folgenden Winter ganz zum Stillstehen. Im Frühjahr dann lebt sie wieder auf und gelangt zu solch starker Entfaltung, daß man die verlegte Oeffnung im Zapfen frei machen muß, um der reichlich entwickelten
40 Kohlensäure das Entweichen zu ermöglichen. Nach und nach wird diese zweite Gärung, die auch ein klein wenig Schaum hervorbringt, schwächer, und am Ende des (zweiten) Sommers ist sie kaum noch merklich. Der scheinbare Vergärungsgrad beträgt 10 Proz. nach Ablauf der ersten vierzehn Tage nach dem Fassen; nach sechs Wochen wird er zu 20—40
45 Proz. befunden und ist nach drei Monaten bei 61 Proz. angelangt. Das Eintreten der Gärung läßt manchmal mehrere Wochen auf sich warten; inzwischen bedeckt sich die Oberfläche der Würze mit weißen und grünen Schimmelrasen, die fest an den Faßwänden haften. In anderen Fällen wieder ist die Schaumhaube schon nach 24 Stunden zu bemerken.
50 Die in den Poren des Faßholzes (vgl. S. 157—158) eingenisteten Hefen und anderen Organismen sind es, welche die Gärung der Würze in Gang bringen; der an und für sich hohe Keimgehalt der Luft in den Brauereien kommt hingegen nur wenig in Betracht. Manche Brauer verwenden

außer solchen Fässern, welche schon für die Gärung anderer Biere gedient haben, auch gebrauchte Weinfässer. Der Faro ist nach einem Jahre schankreif. Der Lambic braucht länger, meist mehr als zwei Jahre; die Brauer der alten Schule erachten ihn erst nach 3—5 Jahren für reif. Man hat dann ein Getränk vor sich, welches trotz seines hohen Gehaltes an flüchtigen und nichtflüchtigen Säuren keinen sauren Geschmack hat. Ist solcher zu spüren, so gilt das als Fehler; denn der gesunde ungezuckerte Lambic hat einen vollen und schwach süßen Geschmack, welcher den starken Säuregehalt überdeckt, und wird als gueuse lambic bezeichnet. Einjähriger Lambic ist kristallklar, schwach säuerlich und mit einem rahmigen, festen Schaume bedeckt. Man trägt ihn zusammen mit einigen Stücken Zucker dem Gaste auf. Der scheinbare Vergärungsgrad verschiedener zweijähriger Proben wurde zu 72—90 Proz., der einer dreijährigen zu 100 Proz. befunden. Der Faro und die Mars werden zwecks Wahrung der Gleichmäßigkeit entweder in der Brauerei oder am Verbrauchsorte (durch einen erfahrenen Zurichter („gereetmaker") verschnitten, der hierbei nur von Gaumen und Zunge geleitet wird. Mars und gesüßter Lambic erhalten einen Zusatz von 2—3 Proz. Kandiszucker oder Rüben-Raffinade. Vor dem Versand setzt man noch etwas Fischleim („colle Saliansky") zu.

Nach ihrer chemischen **Zusammensetzung** beurteilt, müßten Lambic, Faro und Mars für kranke Biere gelten, die man zu solchen gemacht hat, indem man in ihnen neben der Alkoholgärung auch saure Gärung hat eintreten lassen. Oft werden sie zeitweilig auch noch fadenziehend, ohne daß dieses Ereignis den Brauer irgendwie zu betrüben vermöchte; denn er weiß, daß selbst schon sein bestes Gebräu diesen Zustand durchgemacht hat. H. van Laer (1) hat gezeigt, daß jede Würze für Lambic oder Faro im Augenblicke des Fassens die Erreger des Schleimigwerdens aufweist, und daß von diesen Bieren eine jede Probe schleimig wird, wenn man sie den dafür günstigen Bedingungen, so insbesondere einer ausreichend hohen Temperatur, aussetzt. Der Gehalt an flüchtigen und nicht flüchtigen Säuren, als Essigsäure und Milchsäure berechnet, übertrifft denjenigen der durch künstlichen Hefenzusatz vergorenen Biere sehr stark. Nachfolgende Tabelle zeigt dies an mehreren, verschieden alten Proben von Lambic. Man ersieht daraus, daß neben der Alkoholgärung auch Milchsäuregärung sich abspielt. Unter den flüchtigen Säuren herrscht die Essigsäure vor, aber neben ihr tritt auch Buttersäure auf.

Gehalt in Proz.	4 Tage	11 Tage	1 Monat	1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	4 Jahre
Extrakt	14,83	13,38	10,19	5,30	3,52	7,34	5,75
Alkohol	—	0,81	2,68	5,32	6,19	5,39	4,90
Milchsäure	0,256	0,310	0,306	0,961	0,918	0,957	1,051
Essigsäure	—	0,012	0,012	0,168	0,198	0,169	0,018

Ueber die **Flora** dieser Biere hat zuerst M. Reess (1) im Jahre 1870 einige mikroskopische Beobachtungen angestellt. In Brüsseler Faro fand er verschiedene Hefenformen, darunter auch sporenbildende, vor, die er den von ihm aufgestellten Arten *Saccharomyces cerevisiae, S. ellipsoideus, S. pastorianus* und *S. apiculatus* zuteilte. Später hat man dann mit Hilfe der Reinzüchtungsverfahren festgestellt, daß an der Vergärung dieser Biere dreierlei Gruppen von Kleinlebewesen sich betätigen: 1. Bakterien, welche fähig sind, Milchsäuregärung und Schleimigwerden zustande zu

bringen. 2. Sproßpilze, insbesondere mehrere Arten von Torulen ohne ausgesprochenes Gärvermögen und *Sacch. apiculatus*, welch letzterer diesen Bieren ihren eigentümlichen Geschmack und Geruch verleiht. 3. Echte Saccharomyceten. Von diesen nun hat H. van Laer zwei Arten rein-
5 gezüchtet und als *Sacch. ellipsoideus No. 1* und *No. 2* des Lambic bezeichnet, welche bei 25° C Sporenbildung nach 45 Stunden aufweisen, und von denen die erstere durch die ausgeprägte Langstreckung der Zellen der Hautvegetation (s. Bd. IV, S. 13) dem *Sacch. ellipsoideus I* Hansen nahesteht. Im Geläger dieser Biere finden sich manchmal
10 keinerlei lebende Hefen mehr vor. Einige Brauer stellen zu Beginn und am Schluß der Brauperiode ihre Würzen mit obergäriger Bierhefe an und vermischen den damit erhaltenen Faro mit einem durch spontane Gärung entstandenen.

Von den **Krankheitserscheinungen** an diesen Bieren ist vor allen
15 anderen jene zu nennen, welche man als die Doppelsichtigkeit (vlämisch: tweeskinde, franz.: bière à double face) bezeichnet. Sie äußert sich darin, daß die Flüssigkeit im durchfallenden Lichte kristallklar und im auffallenden Lichte trüb erscheint, etwa so, als hätte sie einen kleinen Zusatz von Milch erhalten. In einer farblosen Flasche von oben her
20 betrachtet, zeigt sie ein opakes, schmutzig weißes Aussehen und eine eigenartige gelbe Fluorescenz. Am häufigsten und deutlichsten tritt diese Krankheit im Lambic auf, ebenso oft auch im Faro, hingegen seltener in der Mars. Manchmal wird das ganze Gebräu von ihr befallen; meist aber trifft sie bloß einzelne Fässer. Gewöhnlich tritt sie
25 nach dem Abziehen des Bieres vom Geläger auf, also anderthalb bis zwei Jahre nach der Herstellung. Zufolge H. van Laer steht sie in Beziehung zum Erreger des Fadenziehendwerdens, der in den Würzen für Lambic und Faro so häufig vorkommt. Es ist dies eine mit dem Namen *Bacillus viscosus bruxellensis* belegte Langstäbchen-Art.
30 Sie vermag auch in Hefenwasser mit oder ohne Zuckerzusatz sich zu entwickeln, bildet aber darin keinen Schleim. Bierwürze hingegen macht sie unfehlbar fadenziehend, und zwar in der Weise, daß diese im Höhepunkte der Entwicklung mit einer weißlichen, zähen Haut überdeckt ist, welche nach dem Innern zu Fortsätze hinabstreckt; später wird die
35 Flüssigkeit allmählich wieder blank und verliert ihre schleimige Beschaffenheit. In Zuchten, in denen es nicht zur Schleimbildung kommt, oder in solchen, in denen diese wieder verschwunden ist, erweisen sich die einzelnen Stäbchen als von einer elliptischen oder länglichen Schleimhülle (Kapsel, s. Bd. I, S. 52) umgeben und miteinander durch eine
40 Schleimmasse zu einer Zooglöa vereinigt, deren Verband später aber wieder gelöst wird, so daß dann die Zucht nicht mehr fadenziehend ist. Wie H. van Laer (1) gezeigt hat, ist ein kranker Lambic ärmer an Alkohol und reicher an Extrakt als ein gesunder; denn die Hefe ist durch den in Rede stehenden Bazillus von Anfang an in ihrer Gär-
45 tätigkeit beeinträchtigt. Nachfolgende Tabelle veranschaulicht dies.

Gehalt in Proz.	Probe M		Probe N		Probe P	
	gesund	krank	gesund	krank	gesund	krank
Extrakt	5,19	5,85	6,30	6,80	2,90	7,30
Alkohol	6,4	5,8	6,6	6,0	8,9	5,4
Nichtflüchtige Säuren, als Milchsäure berechnet	1,04	1,02	0,94	0,89	0,62	0,70
Flüchtige Säuren, als Essigsäure berechnet	0,08	0,12	0,23	0,11	0,35	0,37

Durch dieses Verhalten ist das doppelgesichtige Bier scharf von einem durch andere Ursache fadenziehend gewordenem verschieden; denn in diesem letzteren Falle kommt der Erreger erst nach Ablauf der Alkoholgärung zur Tätigkeit und findet nur noch den von der Hefe übrig gelassenen Extraktrest vor. Der *Bac. viscosus bruxellensis* greift 5 auch die stickstoffhaltigen Bestandteile des Lambic an und bildet Milchsäure, Essigsäure und Buttersäure aus den Kohlenhydraten dieses Nährbodens.

Kriekenlambic oder **Kriekenbier** wird in Brüssel auf die Weise bereitet, daß man in 250 Liter (ein- oder zweijährigen) Lambic 10 40—50 kg zuckerreiche, entstengelte und meist auch noch entkernte Schwarzkirschen oder Himbeeren u. dgl.) einträgt, mit Lambic noch auffüllt und dann das Faß mit einem Zapfen verstopft, der eine Bohrung hat. Dank dem Zucker und dem Hefengehalt des Obstes tritt eine Gärung ein, welche 5—6 Monate dauert, worauf die Flüssigkeit wieder 15 klar geworden ist und in ein anderes Faß abgezogen und geschönt wird, um schließlich nach einigen Tagen auf Flaschen abgefüllt zu werden. Das so erhaltene Kriekenbier, das erst nach einer mehrmonatlichen Lagerung genossen wird, ist von roter Farbe, schäumt etwas, schmeckt ausgesprochen sauer und wird mit Zuckerzugabe dem Gaste vorgesetzt. 20 Ausführlichere Angaben über die Bereitung der in diesem Paragraphen besprochenen Getränke sind bei LACAMBRE (1) zu finden.

§ 64. Japanischer Saké, Myrin und chinesischer Reiswein.

Nicht Gerste oder Traube, sondern Reis liefert dem Japaner das wichtigste geistige Getränk, den populären **Saké** (Saki, Reiswein, Reis- 25 schnaps). Da sein Alkoholgehalt merklich über dem von Bier und Wein steht, er überdies heiß getrunken wird, ist die Aehnlichkeit mit diesen beiden nur gering. Sherryartig, von Rheinweinfarbe mit arrakähnlichem Aroma wird er geschildert. Der Sakékonsum pro Kopf der Bevölkerung kommt der Hälfte von dem unseres Bieres nahe, seine dem 30 Staate ca. 50—70 Millionen Mk. Steuer aufbringende Fabrikation spielt in Japan also wirtschaftlich eine erhebliche Rolle. Seit dem Jahre 1874, wo wohl die erste Mitteilung über Sakédarstellung durch HOFFMANN (1) nach Europa gelangte, beschäftigt sich mit ihm eine große Zahl von Publikationen: hier erfuhr man zum ersten Mal die technische Ersetz- 35 barkeit unseres Malzes zur Verzuckerung stärkehaltiger Rohmaterialien durch einen gleiches leistenden Pilz, den vielgenannten *Aspergillus Oryzae*, welcher schon im 10. Kapitel des IV. Bandes beschrieben worden ist.

Die Fabrikation dieses Getränkes zerfällt zufolge der zuerst von KORSCHELT (1) im Jahre 1876 (nicht von ATKINSON oder anderen, wie 40 man gelegentlich in der Literatur findet,) gegebenen ausführlicheren Schilderung in vier Abschnitte, und das ist zufolge KELLNER's (1) Versicherung auch noch heute so: 1. Darstellung von „Koji“, 2. „Moto“-Bereitung, 3. Maischen und Gärung (Hauptprozeß), 4. Trennung der vergorenen Flüssigkeit von den Rück- 45 ständen (Abpressen und Klären). Von diesen vier Phasen haben die drei ersten hervorragend mykologisches Interesse. Koji ist der pilzhaltige verzuckernde Hilfsstoff; seine Herstellung entspricht also unserer Malzbereitung. Moto entspricht ungefähr der Hefenmaische unserer Brennereien (s. d. 11. Kap.); in dieser durch spontane Milchsäuregärung 50

gesäuerten Reiszuckerlösung wird die Hefe herangezüchtet. In dem Hauptprozeß endlich wirken Koji und Moto zusammen: er besteht in Verzuckerung und gleichzeitiger Vergärung der Hauptmaische. Die Darstellung einer sauren Hefenmaische unterscheidet das Verfahren also von dem der Bier- und Weinbereitung. Ergänzende Einzelheiten zur Sakéfabrikation lieferten insbesondere Atkinson (1) im Jahre 1880, Okumura (1) im Jahre 1897, Kellner, Mori und Nagaoka (1) im Jahre 1889, Yabe (1) im Jahre 1896 und neuerdings Kozai (1) im Jahre 1900, Fujita im Jahre 1902, sowie Saito (1) im Jahre 1904. Wir können dem Verfahren hier nur in kurzen Zügen folgen.

Betrachten wir zunächst die **Koji-Bereitung.** Koji (nicht mit Reismalz zu verwechseln, wenn auch von gleicher Wirkung) ist geschälter Reis, dessen zuvor gedämpfte Körner von den Hyphen des *Aspergillus Oryzae* unter teilweiser chemischer Veränderung durchsetzt und überzogen sind. Bei bereits eingetretener Konidienbildung ist die Masse gelblichgrün, sonst farblos, in ersterem Falle auch reichlich von dem farbigen Sporenpulver durchsetzt. Man verwendet es lufttrocken (so im Handel, desgl. zur Aufbewahrung) oder frisch (also unserem Grünmalz entsprechend), dies letztere besonders wenn Kojibereitung und Sakédarstellung — was nicht immer der Fall — im gleichen Betriebe vereinigt sind. Die in besonderen Kellern ausgeführte Kojibereitung geht von dem als Tane-Koji bezeichneten, grüngelben Sporenpulver des Pilzes oder von einem Koji früherer Darstellung aus, mit dem der im Kojikeller ausgebreitete, gedämpfte Reis nach dem Erkalten bestreut wird. In wenigen Tagen durchsetzt das bei 20—25° sich rasch entwickelnde Pilzmycel die mit Strohmatten bedeckte Masse, das einzelne Korn mit einem feinen, hellen Schimmel-Rasen überziehend; dabei erwärmt sich das Ganze trotz Durchknetens erheblich (bis auf über 40°, rund 15° über die Temperatur des Raumes). Gewöhnlich, wenn nicht gerade Tane-Koji erzeugt werden soll, unterbricht man den Prozeß vor der Konidienbildung, die Masse ist jetzt gebrauchsfertig oder wird durch Trocknenlassen konserviert. Zweck der ganzen Operation ist also kurz die Erzeugung eines reichlichen, das Reiskorn durchwuchernden diastasehaltigen Pilzmycels. Zucker ist bereits frühzeitig im Korn nachzuweisen, gleichzeitig findet eine Aufschließung der — spärlichen — Eiweißstoffe statt (Hefennahrung). Das Koji enthält, da frei an der Luft gearbeitet wird, auch mancherlei Fremdkeime (Bakterien, Hefen, Schimmelpilze) geradesogut wie man solche z. B. im Malz findet; das bedarf kaum der Hervorhebung. So fand Kozai (1) neben *Penicillium glaucum* und *Rhizopus nigricans* in manchen Koji-Proben einen oidiumartigen weißen Schimmelpilz, weiterhin zwei Kahmhefen, eine Torula und eine rote Hefe.

Ueberdies scheinen aber echte Alkoholhefen als integrierender Bestandteil in Frage zu kommen, sodaß dies Material also nicht nur den Zuckerbildner sondern auch die Gärungserreger enthielte. Darauf ist bei Besprechung des Moto noch kurz zurückzukommen. Es liegt im Koji faktisch also nur eine unvollkommene Reinkultur des *A. Oryzae* vor, in dem dieser freilich millionenfach die Zahl anderer Organismen übertrifft. Statt Reiskoji erzeugt man für manche Zwecke in Japan auch billigeres Gerstenkoji. Daß auch wirkliches Gersten malz dargestellt wird, sei beiläufig erwähnt, seine Qualität soll jedoch geringer sein; leistungsfähiger ist es nicht, vielleicht stellt es sich auch teurer. Die Herstellung eines guten Brauereimalzes in Japan wird von dortigen Fachleuten allerdings als eine wichtige Frage angesehen.

Für die chemische Veränderung des Reises bei der Koji-Bereitung (aus 3,457 g entstanden 2,673 g Koji; man rechnet den Verlust auf 13—20 Proz.) ermittelten KELLNER, MORI und NAGAOKA (1) u. a. folgendes:

	Prozent-Gehalt der Trockensubstanz an							
	Stärke, Dextrin	Maltose	Dextrose	Säure (nicht flüchtig)	Säure (flüchtig)	In kaltem Wasser lösl. Bestandteile	Eiweiß-stickstoff	Nicht-Eiweiß-stickstoff
Reis	87,97	—	Spur	—	—	3,63	1,227	0,022
Koji	70,97	6,05	4,07	0,351	0,079	38,52	1,246	0,190

Ueber Kojiwirkung und *Aspergillus*-Enzyme ist auch das 11. Kapitel des IV. Bandes und das 13. Kapitel des vorliegenden Bandes nachzusehen.

Zur **Moto-Darstellung** wird Koji mit einer bestimmten (in den verschiedenen Betrieben verschieden großen) Portion gedämpften Reises und Wassers in Holzkübeln von ca. 100 Liter Inhalt gemaischt, der dicke Brei sodann unter wiederholtem Durcharbeiten einige Tage sich selbst überlassen, wobei man auf möglichst niedrige Temperatur (unterhalb 10°) sieht. Allmählich verflüssigt sich die Masse (Extraktgehalt über 20 Proz.), und es tritt, indes man die Wärme langsam steigert (auf 20°, weiterhin bis über 30°), allmählich Gärung ein, die man ca. zwei Wochen sich voll entwickeln läßt. Erst jetzt, nach ca. 18 Tagen, ist der Moto als eine säuerlich-alkoholische, hefenreiche, noch zuckerhaltige Flüssigkeit fertig, die 3—14 Proz. Alkohol neben 0,5—0,8 Proz. freier Säure enthält. Die Säure ist jedenfalls in der Hauptsache Milchsäure; neben der alkoholischen verläuft also Milchsäuregärung. Die zur Entwicklung kommende Hefe soll zufolge KOSAI und YABE (1) vorzugsweise aus dem angewandten Koji stammen, mag aber auch wohl mit aus der keimreichen Luft der Gärkammern hineingelangen, wie KELLNER (1) meint. Die Darstellung des Moto gilt, wie schon KELLNER (1) hervorhob, als der schwierigste Teil der Fabrikation. Von seinem Gelingen hängt der ganze Prozeß ab, man verfährt da also möglichst sorgfältig nach bestimmten Erfahrungsgrundsätzen; trotzdem kommt gelegentlich völliges Versauern ohne nennenswerte Gärung vor. In einem Falle ermittelte KORSCHELT (1) in dem fehlgeschlagenen Moto 4,6 Proz. Säure, die in der Hauptsache wohl Essigsäure sein muß. Die anfänglich möglichst niedrig gehaltene Temperatur bezweckt offenbar rasches Eintreten der Milchsäuregärung, welche späterhin die Erreger der Essigsäurebildung hemmt.

Wennschon es eigentlich am nächsten liegt, daß eine derart zusammengesetzte zuckerreiche Flüssigkeit bei zweiwöchentlichem offenen Stehen an der Luft und in Berührung mit keimreichen Geräten geradeso wie Würze, Maische oder steriler Most durch Lufthefen in Alkoholgärung übergeht, so hat doch die Herkunft der Sakéhefe zu langen Diskussionen Veranlassung gegeben. Die Frage ihrer angeblichen Abstammung von Aspergilleen und anderen Fadenpilzen ist schon auf S. 146—147 des IV. Bandes erledigt worden. Neuere Untersucher wollen die Herkunft der gärtätigen Hefe nicht direkt aus der Luft, sondern von dem Koji bzw. dem Reisstroh, mit dem das Koji bei seiner Herstellung in Berührung kommt, ableiten, so KOZAI (1),

Yabe (1) und Schiewek (1). Sicher werden Hefen von dem Stroh auf den gedämpften Reis übergehen, andererseits werden sich hier aber auch solche vermehren, die mit dem Saatkoji, falls nicht bloß Sporenpulver verwendet wurde, hinzugebracht wurden. Steht freilich das regelmäßige 5 Vorkommen solcher im Koji fest, wie das zur Zeit der Fall zu sein scheint, so wären diese wohl als vorzugsweise beteiligt anzusehen. Schon nach den alten Angaben Korschelt's aus dem Jahre 1874 ist die Sakéhefe, wie das auch neuerdings bestätigt wurde, der Bierhefe ähnlich und vergärt bei langer Gärdauer selbst bis auf 18 Proz. Alkohol 10 (s. Bd. IV, S. 130 u. 133); es wird da aber wohl nicht immer die gleiche Art oder Rasse und ebenso wenig nur eine einzige beteiligt sein (s. oben). Es wäre dankenswert, einmal direkt Moto und Hauptmaische an verschiedenen Orten genaueren bakteriologischen Analysen zu unterwerfen, zumal auch von der eintretenden Milchsäuregärung bislang eigentlich 15 nichts weiter als der Name bekannt ist. Eine in Koji wie in Saké vorkommende säuernde Kahmhefe (*Anomalus*-Form), die ca. 5 Proz. Alkohol erzeugte, beschrieb Saito (1). Die Sakéhefe, wie sie von Kozai (1) in der letzten auf diesen Gegenstand bezüglichen Mitteilung genauer beschrieben wird, erzeugte in der Maische binnen 13—15 Tagen 20 13,2—13,4 Gew.-Proz. Alkohol. Die kugligen Zellen haben 6—12 μ im Durchmesser und bilden bei der Optimaltemperatur von 30—32° nach 14 Stunden je 1—3 Sporen. Minimal- und Maximaltemperatur für die Sporenbildung waren 3—4° bzw. 40—41°; in letzterem Falle trat diese nach 36 Stunden, im ersteren nach 15 Tagen ein. Sporenbildung reich-25 lich, Sproßverbände meist klein, bald zerfallend. Vergoren werden neben Dextrose und Lävulose auch Maltose, Saccharose, Mannose, Methylglucosid, Trehalose und Galactose (letztere beiden etwas schwieriger). Nicht angegriffen werden Lactose und Rhamnose. Melitriose wird gespalten, die Melibiose aber nicht weiter verändert, die Hefe verhält sich 30 also wie die obergärigen. Bei 60° C wurde sie binnen 5 Minuten sicher abgetötet. Eintrocknen ertrug sie 20 Monate ohne irgend welche Schädigung (vgl. S. 109 u. f.).

Nach diesen beiden vorbereitenden Operationen beginnt der **Hauptprozeß**. Es wird der zu vergärende gedämpfte Reis unter Koji- und 35 Wasserzusatz mit dem Moto vermischt und der resultierende Brei bei gewöhnlicher Temperatur (10—15°, doch auch auf 20° und mehr steigend) der unter allmählicher Verflüssigung eintretenden Verzuckerung (Maltose- und Dextrosebildung) und Gärung überlassen; nach ungefähr zwei Wochen ist sie nach wiederholtem Reis- und Koji-Zusatz beendet. Ver-40 zuckerung und Gärung verlaufen hier nebeneinander, der sich bildende Alkohol stört die Diastasewirkung erst allmählich. Zufolge Kozai (1) setzen 10 Proz. sie auf die Hälfte, 20 Proz. auf ein Fünftel herab. Sie dauert also bis zum Ende des Prozesses an. Theoretisch bietet dieser Abschnitt nichts neues; technische Einzelheiten dürfen wir hier über-45 gehen, man findet deren insbesondere bei Korschelt (1), auch bei Atkinson (1), Okumura (1), Kellner (1), Fujita (1) und Kozai (1).

Den Verlauf zeigen folgende Zahlen einer von Atkinson (1) analysierten Maische; es sei dazu bemerkt, daß zwischen den 14. und 17. sowie 17. und 19. Tag neue Zusätze von gedämpftem Reis und Wasser 50 bzw. Koji fallen. Die Annahme, daß nur Dextrose entsteht, trifft übrigens, wie Kellner (1) zeigte, nicht zu; es handelt sich um Gemenge von dieser mit Maltose.

Tag	Alkohol	Dextrose	Dextrin	Stärke und Cellulose	Rotations-vermögen	Spezifisches Gewicht
1.	—	—	—	38,2	—	—
3.	—	7,32	5,12	26,50	124°	1,15
5.	—	12,25	5,09	21,49	108°	1,18
7.	5,2	5,4	7,00	15,04	135°	1,08
10.	8,01	0,99	2,81	15,67	101°	1,05
14.	9,20	0,50	2,57	16,15	118°	1,04
17.	5,80	2,06	3,89	19,25	160°	1,03
19.	9,44	1,16	2,74	13,26	132°	1,02
24.	12,41	0,27	0,47	10,22	48°	0,99
28.	13,23	0,00	0,41	8,69	36°	0,98

Es folgt jetzt, ca. 4 Wochen nach Ansatz des Moto und 2—3 Wochen nach Einleitung der Gärung im Hauptbottich, nach rund fünfwöchentlicher Arbeit die Trennung des Flüssigen von den Rückständen (Auspressen in hanfleinenen bzw. baumwollenen Säcken unter Druck), Klären, Nachgärung, Pasteurisieren, bezüglich deren auf die Original- mitteilungen Korschelt's und anderer verwiesen sei. In Stückfässern bis 300 hl kommt der Saké meist nach monatelangem Lagern (Qualitätsverbesserung) in den Handel. Die Fabrikation beschränkt sich auf die Wintermonate (November bis Februar).

Offenbar ist das Verfahren vom mykologischen Gesichtspunkt aus mancher Verbesserungen fähig (Benutzung einer reingezüchteten Hefe für den Moto, Verwendung eines möglichst von Fremdkeimen freien Kojis u. a.). Eine Grenze wird ihnen aber durch die Unmöglichkeit gezogen, in sterilisierter Lösung zu arbeiten, da schwerlich auf die während der Gärung noch andauernde, natürlich durch Aufkochen verlorengehende Diastasewirkung verzichtet werden kann. Die Arbeitsweise müßte hierzu wesentlich verändert werden. Vorschläge zur Verbesserung des Verfahrens sind schon von Okumura (1), neuerdings auch unter Mitteilung von Versuchen mit Verwendung von Reinhefe durch Kozai (1) gemacht worden. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sie von der gewöhnlich etwas konservativen Praxis aufgenommen werden.

Das fertige Erzeugnis, je nach Sorte von sehr verschiedener Qualität, ist eine schwach gefärbte (weingelbe) sherryähnliche Flüssigkeit mit wechselndem Alkoholgehalt (gewöhnlich 12—15 Proz., bisweilen bis 18 Proz.), die relativ wenig haltbar ist und leicht Bakterientrübung und Kahmhaut entwickelt. Dieser wie auch der in der warmen Jahreszeit gern eintretenden Säuerung beugt man durch Pasteurisieren (bei 50—70° C) in eisernen Kesseln, mehrfach auch durch (natürlich zu beanstandenden) Salicylsäurezusatz vor. Die Sakédarstellung in Japan ist uralt, schon vor ca. 2000 Jahren wird sie erwähnt, seit ca. 200 Jahren wird sie fabrikmäßig betrieben. Offenbar gehört der *Aspergillus Oryzae* mit zu den ältesten pilzlichen Kulturpflanzen, denn notorisch handelt es sich bei seiner Verwendung nie um ein spontanes Erscheinen, sondern um eine seit Generationen fortgesetzte Uebertragung als Sporenpulver oder als Koji. An Reis werden hauptsächlich die billigeren Qualitäten verarbeitet. Gerste, die auch gelegentlich zur Kojibereitung herangezogen wird, ist (wie Weizen und Hirse) wohlfeiler; an Gerste und Weizen wird übrigens nur ca. ein Viertel bis ein Drittel des geernteten Reises gezogen, von dem jährlich ca. 130 kg (160 Liter) pro Kopf konsumiert und auf mehr

als der Hälfte des gesamten Ackerlandes durchschnittlich 72 Millionen Hektoliter (40 Millionen Koku) geerntet werden. Für 1888/89 wurde die Saképroduktion auf 7,2 Millionen Hektoliter (in 15708 einzelnen, vorwiegend also kleinen Betrieben), der durchschnittliche Konsum pro Kopf auf 21,5 Liter angegeben. Im Betriebsjahre 1897/98 wurden dagegen ca. 8,4 Millionen Hektoliter produziert, der durchschnittliche Konsum pro Kopf belief sich hier zufolge Kozai (1) nur auf 19,5 Liter; der kleine Rückgang im Verbrauch ist vielleicht durch die Konkurrenz der auch in Japan emporwachsenden Bierbrauerei nach europäischem Muster mit Verwendung von europäischem und vorzugsweise deutschem Malz bedingt. Angesichts des harmloseren Charakters des Bieres ist das wohl gleichfalls ein Kulturfortschritt dieses in erstaunlicher Entwicklung begriffenen Volkes; sein reichlicher Genuß ist immerhin minder bedenklich als der bisweilen zu einem Laster ausartende des berauschenden Saké.

Die **Zusammensetzung des Saké** ist wie die anderer alkoholischer Getränke erheblichen Schwankungen unterworfen; schon der Alkoholgehalt bewegt sich zwischen weiten Grenzen (von 10 Proz. bis gegen das Doppelte). Für die Sorten einzelner Fabriken gab Kozai (1) unter Vergleich mit einem selbst dargestellten Muster folgende Analysen:

	Masamume	Oiran	Hayarimatzu	Mit reiner Saké-Hefe dargestellt
Spezifisches Gewicht	0,993	0,992	0,990	0,994
Alkohol (Gew.-Proz.)	12,33	12,61	14,63	13,40
In Gramm pro Liter:				
Trockensubstanz	34,74	40,32	27,58	36,20
Nichtflüchtige Säuren (als Milchsäure berechnet)	Gesamtsäure (als Essigs. ber.) 1,55	1,55	0,60	0,75
Flüchtige Säuren (als Essigsäure berechnet)				0,03
Zucker (Glucose)	3,5	—	2,8	5
Dextrin	2,5	—	3,6	5,5
Asche	—	—	0,56	0,50

Nach Fujita (1) sind auch Glycerin (9,5—10 g pro Liter) und Eiweißkörper (ca. 9 g) vorhanden.

Myrin (Süßer Saké) ist ein weniger bekanntes, süßes, liqueurartiges, japanisches Getränk von gelber bis brauner Farbe, öligdickflüssiger Beschaffenheit und höherem Alkoholgehalt (15—20 Proz.), dessen Bedeutung jedoch erheblich hinter der des Saké zurücksteht. Es wird mehr gelegentlich und nicht regelmäßig konsumiert. Seine zuerst von Hoffmann (1) im Jahre 1874 erwähnte Darstellung nutzt nur die zuckerbildende Wirkung des *Aspergillus Oryzae* aus; eine eigentliche Gärung durch Hefen findet dabei also nicht statt. Gewöhnlich wird der Myrin im gleichen Fabrikbetrieb neben Saké hergestellt, übrigens in, je nach dem Verhältnis der Gemengteile, sehr verschiedenen, nach Lokalität und Fabrik wechselnden Sorten. Das Verfahren besteht im großen und ganzen darin, daß Koji auf gedämpften Reis, und zwar bei Gegenwart von vornherein zugesetzten Alkohols (Reisbranntwein mit höchstens 50 Proz. Alkohol), längere Zeit einwirkt. Man verwendet dazu den im Preise höher stehenden Klebreis (Kuchenreis), der nach Dämpfen und Erkalten mit Koji und Branntwein gemischt wird. Nach häufigerem Umrühren bleibt der Brei 3—6 Wochen in bedeckten Gefäßen sich selbst überlassen, worauf ausgepreßt, geklärt und auf Stückfässer oder Flaschen gezogen wird. Von

der je nach Rezept sehr schwankenden Menge des Spritzusatzes muß es natürlich abhängen, ob Organismenvegetation sich einstellt. Bei einem Alkoholgehalt schon von 15 Proz. können wir aber selbst eine Weiterentwicklung des *Aspergillus* als so gut wie ausgeschlossen betrachten, doch zeigt der hohe Zuckergehalt des Produkts ohne weiteres Fortdauern der Enzymwirkung. Ein von Atkinson (1) untersuchtes Myrin enthielt: Wasser 61,82 Proz., Zucker 21,06 Proz., Dextrin 4,16 Proz. Der Zucker soll nach Angabe Dextrose sein, ist aber wohl ein Gemenge von ihr mit Maltose. Besondere, den Geschmack beeinflussende Zusätze werden von den Fabrikanten als Geheimnis sorgfältig gehütet. Nach einer älteren, von Rein (1) angeführten Statistik wurden im Jahre 1879/80 (von September zu September) an Myrin 38569 Koku (ca. 70000 hl) produziert, von denen eine Steuer von rund 300000 Mk. erhoben wurde (doppelte Höhe der Sakésteuer pro Koku). Eine besondere Art Myrin (*Liqueur Meishu*) wurde sogar mit 12 Mk. pro Koku versteuert. Sicher sind seitdem die Abgaben noch erhöht worden.

Ueber den **chinesischen Reiswein,** der nicht mit dem im 13. Kapitel zu behandelnden destillierten Reisbranntwein zu verwechseln ist, liegen nur kürzere Mitteilungen von Vorderman (1) und Prinsen-Geerligs (1) vor. Er scheint dem japanischen Saké zu gleichen, denn er wird gleichfalls warm getrunken, ist in der Regel jedoch rötlich gefärbt, nach einigen durch den benutzten Reis, wahrscheinlicher aber durch besonders zugesetzten Angh-Khak (s. 11. Kap. d. IV. Bds.), überdies oft mit aromatischen Pflanzenstoffen gewürzt. Um der leicht eintretenden Säuerung vorzubeugen, pflegt man ihn noch mit Reisalkohol zu versetzen. Nach der auf Java üblichen Bereitung verwendet man ausschließlich Klebreis in Mischung einer weißen und roten Varietät. Im übrigen weicht diese ganz von der japanischen ab und steht unstreitig auf einer niederen Stufe, denn es wird kein gezüchteter *Aspergillus* für die Verzuckerung verwendet, sondern wild eingefangene Mucorineen, wie sie den Bestandteil der dort von Europäern als „chinesische Hefe“, von Malayen als „Ragi“ bezeichneten Reismehlkuchen bilden. Diese mit diastatisch wirksamen *Mucor-* und *Rhizopus*-Arten sowie Alkoholhefen durchsetzten pfeffernußartigen Gebilde werden im 13. Kapitel dieses Bandes näher besprochen werden. Zwecks Darstellung wird der eingequollene und gedämpfte Reis nach Abkühlen einfach mit den grob zerkleinerten Mehlkuchen gemischt. Die nach wenigen Tagen durch starke Mucorineen-Entwicklung verpilzte Masse wird dann, mit Wasser angerührt, in großen Töpfen der alsbald eintretenden Verflüssigung (Zuckerbildung) und Gärung überlassen, die in ca. 6 Tagen beendet ist. Durch Abgießen und Auspressen trennt man den Reiswein von dem Unlöslichen; er ist nach dem Klären sogleich konsumfertig.

Ein chinesischer Reiswein ist auch das auf Formosa als **Anchu** hergestellte rote Reisgetränk. Nach Uyeda (1) bedient man sich dabei eines dem Angh-Khak ähnlichen Materials (Beni-Koji oder Akakoji) und chinesischer Hefe (Shirokoji). Das bislang nicht näher beschriebene Verfahren wird also wohl nicht wesentlich von dem eben erwähnten abweichen. Neben dem *Monascus* enthalten die roten Reiskörner zufolge Uyeda einen Sproßpilz sowie eine große Mucorhefe, welche in Gemeinschaft mit den Organismen des Reismehlkuchens offenbar Verzuckerung und Vergärung durchführen.

Wein- oder sakéähnliche aber ungleich minder vollkommene Getränke werden übrigens von fast allen und auch den unzivilisiertesten

Völkern im asiatischen Osten aus Reis oder anderen Körnerfrüchten bereitet; so in Anam mit Hilfe eines noch nicht näher bekannten Fermentes, worüber YERSIN bei CALMETTE (1) berichtet, in Tibet, Laos und anderen Ländern, worüber man einige Angaben bei NEUVILLE (1) 5 findet. Das zeigt wie selbst Naturvölker sich schon frühzeitig der verzuckernden Wirkung von Pilzen zur Darstellung geistiger Getränke bedienen.

§ 65. Kwaß, Busa, Braga.

Das Volksgetränk der Russen ist der Kwaß. Dieser wird alltäglich 10 in ungeheuren Mengen verbraucht; der russische Bauer vermeint, ohne ihn überhaupt nicht leben zu können. Jedem Soldaten wird zu seiner Mahlzeit ein vorgeschriebenes Maß davon gereicht, welche Zugabe so wichtig ist, daß für deren Bereitung in den Kasernen eigene Kwaß-Köche bestellt sind, die nach ministeriell festgestellten Angaben zu 15 brauen haben. Den ausführlichsten Bericht darüber, auf welchen auch die hier zu machende Darlegung im wesentlichen sich stützt, verdanken wir RUDOLF KOBERT (1). Dieser gibt folgende Begriffsbestimmung: „Kwaß ist ein durch gleichzeitige saure und alkoholische Gärung 1. aus Mehl von Weizen, Roggen, Gerste, Buchweizen, oder 20 2. aus einer diesen Mehlarten entsprechenden Malzart, oder 3. aus Brot, oder 4. aus einem Gemische der genannten Stoffe mit oder ohne Zusatz von Zucker oder zuckerhaltigen Naturprodukten bereitetes, im Stadium der Nachgärung befindliches, alkoholarmes und hopfenfreies Getränk, dem meistens gewürzige Zusätze (und zwar namentlich Pfefferminze) hinzu- 25 gefügt werden."

Versuchen wir nun, über die bei der **Bereitung** dieses Getränkes sich abspielenden chemischen und physiologischen Vorgänge ein Bild zu gewinnen. Zu dem Zwecke sei aus der Vielzahl von Kwaßrezepten, jenes vorgeführt, welches in Helsingfors sich bewährt hat und durch ANTON 30 HENRICI mitgeteilt worden ist. Es lautet: Ueber gelindem Feuer wird aus 2 kg Malz und der erforderlichen Menge Wasser unter Rühren ein Brei hergestellt, den man hierauf in ein Faß bringt und mit 18 l kochenden Wassers verdünnt. Man läßt das Gemisch durch 24 Stunden stehen, trennt dann die Flüssigkeit behutsam von dem Bodensatz ab, 35 bringt sie in ein Gefäß, in das man 400 g Weizenmehl, 800 g gepulverten Zucker und für 3 Kopeken (60—100 g) Hefe gegeben hat, mischt durch und läßt 12 Stunden stehen. Dann wird der Kwaß auf Flaschen abgezogen, die man gut verstopft.

Der Leser wird sofort erkennen, daß durch dieses Verfahren zuerst 40 eine Milchsäuregärung hervorgerufen wird. Denn man überläßt ja die aus Malz hergestellte süße Flüssigkeit durch 24 Stunden sich selbst, wobei sie langsam abkühlt und durch längere Zeit innerhalb jener Temperaturgrenzen verweilt, die für die Entwicklung der darin sich ansiedelnden Milchsäurebakterien entscheidend sind. Später erst wird 45 die Alkoholgärung einsetzen, dank der zugefügten Hefe. Aber auch dann noch wird die Säuerung ihren Fortgang nehmen, und insofern kann man der Angabe von KOBERT (1) beipflichten, welche von einem gleichzeitigen Verlaufe dieser beiden Zersetzungsvorgänge spricht. Daß jedoch die saure Gärung schon viel früher beginnt, darf man um so fester be- 50 haupten, als das Ergebnis der darüber angestellten chemischen Unter-

suchungen dies erweist. Nebst Milchsäure entstehen hierbei, hauptsächlich wohl durch die Tätigkeit der mit dem zugefügten Mehle eingeführten Bakterien, auch noch flüchtige Säuren, insbesondere Essigsäure, welch letztere aber in größeren und wachsenden Mengen in dem alternden Kwasse auftritt, wenn er nicht in verstopften Flaschen sondern in einem 5 im Wohnzimmer aufgestellten Fäßchen aufbewahrt wird, aus welchem man nach und nach abzapft, und wo nun so die Essigsäurebakterien Gelegenheit haben, sich anzusiedeln.

In viel höherem Maße als bei Wein und Bier ändert sich beim Kwaß die **Beschaffenheit** mit dem zunehmenden Alter. Dieser Umstand 10 ist es auch, welcher einen raschen Verbrauch des Getränkes bedingt. Einige Zahlenangaben darüber werden das Gesagte verdeutlichen. Sie sind einer Arbeit von N. W. Iljinsky (1) entnommen.

Gehalt an Alkohol und Säuren eines Kwasses, der bei niederer Temperatur gor, an sechs aufeinander folgenden Tagen:

Proz. Gehalt an	1. T.	2. T.	3. T.	4. T.	5. T.	6. T.
Milchsäure	0,09	0,15	0,21	0,29	0,32	0,35
Essigsäure	—	—	—	0,01	0,01	0,10
Alkohol	Spuren	Spuren	0,50	0,50	1,00	1,00

Kwaß von gleicher ursprünglicher Zusammensetzung wie der vorige, jedoch bei höherer Temperatur (19—38° C) gärend:

Proz. Gehalt an	1. T.	2. T.	3. T.	4. T.	5. T.
Milchsäure	0,20	0,35	0,44	0,51	0,56
Essigsäure	—	0,01	0,08	0,10	0,15
Alkohol	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00

Um schließlich einen Anhalt für die Beurteilung der gesamten chemischen Beschaffenheit des in Rede stehenden Getränkes zu bieten, 15 seien nachfolgend einige Analysenbefunde zusammengestellt, welche einer Abhandlung von Nik. Georgiewski (1) entnommen sind.

Herkunft der Probe	Dichte bei 17,5° C	Extrakt Gew.-Proz.	Alkohol Vol.-Proz.	Kohlensäure Gew.-Proz.	Essigsäure Gew.-Proz.	Milchsäure Gew.-Proz.
Soldaten-Kwaß a. d. klin. Hospital	1,007	2,0	0,7	0,05	0,008	0,20
Desgl. a. d. Artill.-Kasern.	1,008	2,8	1,2	0,06	0,082	0,43
Desgl. d. Moskauer Regim.	1,009	3,6	2,0	0,06	0,028	0,46
Volks-Kwaß	1,002	1,0	0,8	0,03	0,007	0,20
Haus-Kwaß	1,008	2,6	1,0	0,06	0,011	0,28

Diese Angaben sind noch durch den Zusatz zu vervollständigen, daß nach den Feststellungen von Wierigo (1) in sehr vielen Fällen auch eine beträchtliche Menge von Ameisensäure im Kwasse sich vorfindet, 20 welche wohl durch die Tätigkeit von Bakterien entstanden ist. Der Gehalt an Trockenrückstand geht nicht selten noch über die durch die zuvor gegebenen Zahlen angedeuteten Grenzen hinaus; in den von Kubarew und Tereschtschenko (1) an neunzehn Proben angestellten Untersuchungen wurden bis zu 6.5 Proz. im frischen und bis zu 3,4 Proz. 25

im alten Kwaß vorgefunden. Aehnlich sind die durch A. Stange (1) mitgeteilten Analysenergebnisse. Zufolge J. Nikitinski (1), welcher in den von ihm geprüften Proben einen Alkoholgehalt bis zu 4,7 Vol.-Proz. feststellen konnte, wird der Kwaß in neuerer Zeit häufig durch Zusatz von Saccharin gesüßt, und zwar trotz gesetzlichen Verbotes.

Wenn wir nun so, dank den Bemühungen der bisher genannten Chemiker, über das Wesen des Kwasses einigermaßen im klaren sind, so müssen wir doch mit Bedauern bemerken, daß wir über dessen Werden noch so gut wie nichts wissen. Denn die Folgerungen, welche A. B. Uspenski (1) aus seinen (vom Standpunkte des Mediziners aus unternommenen) bakteriologischen Untersuchungen des Kwasses gezogen hat, und durch welche den Bakterien überhaupt eine nur ganz zurücktretende Bedeutsamkeit für die Kwaßbereitung zugeschrieben worden ist, stehen mit all dem, was wir über Herstellung und Eigenschaften dieses Getränkes wissen, gar nicht im Einklang. Zukünftige Forschung hat also auch hier noch ein sozusagen ganz braches Feld nutzbringender Tätigkeit. —

Die (oder der) **Bosa** oder **Busa** ist ein dem Kwasse ähnliches Getränk, welches, wie Kobert (1) angibt, von manchen mohammedanischen Völkerschaften des russischen Reiches wie auch in Ungarn im Banate vorzüglich aus Hirse bereitet wird. In Serbien hingegen dient dazu der Mais. Zufolge einer von Zega und Majstorović (1) gemachten Angabe wird dieser zu dem Zweck 8 bis 12 Stunden lang in Wasser mit etwas Weizenkleie gekocht, dann mit etwas Sauerteig versetzt, durch ein engmaschiges Sieb getrieben und mit Honig oder mit Zucker versüßt. Man erhält so eine trübe Flüssigkeit von bräunlich-gelbgrauer Färbung und süßlich-säuerlichem Geschmacke, deren Zusammensetzung durch nachfolgende Analysenbefunde gekennzeichnet ist, nämlich Gesamttrockenrückstand 9,3—11,5 Proz., Alkohol 0.7—1.9 Proz., freie Kohlensäure 0,1—0,3 Proz., Zucker 2,7—3,0 Proz.

Unter dem Namen **Braga** wird in Rumänien von den unteren Volksschichten ein ähnliches Getränk bereitet, von dem eine Probe durch Cerkez (1) einer chemischen Analyse unterzogen worden ist mit nachfolgendem Befunde: Trockenrückstand 7.0 Proz., Alkohol 1,6 Vol.-Proz., Kohlensäure 0.17 Proz., Gesamtsäure (Milchsäure) 0.36 Proz., Essigsäure 0,03 Proz. Den Angaben von Istrati und Proca (1) zufolge, unterscheidet man zwei Sorten, nämlich süße Braga und saure Braga, über die in der bezeichneten Abhandlung nähere Analysenbefunde angegeben sind.

§ 66. Negerbier, Maltonwein, Ingwerbier, Tibi.

Aus allerlei Arten von Hirse aus den Gattungen *Sorghum*, *Penicillaria* und *Eleusine* bereiten die einzelnen Negerstämme Afrikas ein berauschendes Getränk, welches man wohl als einen verwilderten Abkömmling des (aus Gerste hergestellten, ungehopften) Bieres der alten Aegypter wird auffassen dürfen, in betreff welches letzteren auf die geschichtlichen Abhandlungen von H. von der Planitz (1) und von C. O. Cech (1) verwiesen sei. Die Besonderheiten in der Herstellung des Hirsenbieres wechseln von Stamm zu Stamm; eine Zusammenstellung der darüber vorliegenden Berichte der Forschungsreisenden gibt Sander (1). Im wesentlichen geht man so vor, daß man die Hirsekörner keimen läßt

und hierauf, allenfalls noch nach Darren in der heißen Sonne, in einem Mörser fein zerstampft, mit Wasser versetzt und das Gemisch nun entweder ohne weiteres oder aber nach einem Aufwärmen bis zur Siedehitze ruhig stehen läßt, worauf bald Alkoholgärung und Milchsäuregärung sich einstellen. Eine Abtrennung des flüssigen Anteiles von dem dicklichen Bodensatz findet nicht statt. Man genießt das Ganze nach einigen Tagen so, wie es ist, gibt sogar ab und zu noch Hirsemehl vor dem Trinken hinzu. Das als Pombe bezeichnete Negerbier der Stämme Deutsch-Ostafrikas ist zuerst durch O. Saare (1) untersucht worden. Die Probe enthielt 2,4 Proz. Alkohol, 1,4 Proz. Zucker (Dextrose), 0,5 Proz. Säure (als Milchsäure berechnet). In dem Bodensatze fand er allerlei Organismen, Bakterien und Hefen, vor, darunter auch jene Art, welche dann später durch A. Zeidler daraus reingezüchtet und durch P. Lindner (1) schließlich genauer studiert, als ein neuer Typus von Alkoholgärungserreger erkannt und unter den neuen Gattungs- und Artnamen *Schizosaccharomyces Pombe* in die Literatur eingeführt wurde. Er ist schon im 9. Kapitel des IV. Bandes genauer gekennzeichnet worden. Er ist der Erreger der Alkoholgärung in der Pombe, scheint aber nicht in jedem Hirsenbier tätig oder vorhanden zu sein. In einer Probe von Kaffernbier aus dem Oranje-Freistaat konnte er durch F. Rothenbach (1) nicht aufgefunden werden, wohl aber waren an seiner statt allerlei ellipsoidische Hefen vorhanden. Solche kommen auch auf den Hirsekörnern vor.

Unter der Bezeichnung **Maltonwein** werden Fabrikate in den Handel gebracht, welche nach dem Verfahren von F. Sauer (1) auf die Weise zustande kommen, daß man Gerstenmalz nach dem aufsteigenden Infusionsverfahren vermaischt und so eine maltosereiche Würze von 17—22 Proz. Balling gewinnt, die man dann durch eine zugesetzte Reinzucht geeigneter Milchsäurebakterien bei 50° C bis zu einem Endgehalt von 0,6—0,8 Proz. Milchsäure durch 18—24 Stunden säuern läßt, dann zwecks Abtötung dieser Gärerreger auf 85—90° C aufhitzt, hierauf durch Zugabe von eingedickter Würze wieder auf 20 Proz. bringt, abkühlt und mit einer großen Menge einer Reinzucht einer Südweinhefe anstellt. Weiterhin wird der durch die binnen drei Stunden eintretende, stürmische und anhaltende Gärung verarbeitete Zucker durch wiederholten Zusatz (vgl. Bd. IV, S. 132) von Malzextrakt und schließlich von reinem Rohrzucker soweit ersetzt, daß binnen 5—6 Tagen ein Produkt von 16 Vol.-Proz. Alkohol und nach einigen Wochen ein solches von 18 Vol.-Proz. entstanden ist, welches sich klar von der Bodensatzhefe abziehen läßt, zunächst eine Warmlagerung mit Luftzutritt durch 3—4 Wochen und zuletzt eine Nachreife in Gebinden im Keller durchzumachen hat, bevor es auf Flaschen abgefüllt wird. Die Art der Maischung, die Höhe der Säuerung und die Rasse der Hefe wird je nach der Sorte von Maltonwein, die man zu erzeugen wünscht, entsprechend gewählt. Nähere zuverlässige Angaben mykologischer Natur fehlen aber sowohl über dieses wie auch über das nur kurz zu erwähnende Verfahren A. Munsche's (1), welches nebst der Weinhefe auch noch eine besondere bouquetbildende Hefe zur Wirksamkeit bringt.

Unter dem Namen **Ginger-beer,** Ingwerbier, ist in den englischen Haushaltungen ein erfrischendes Getränk beliebt, welches auf die Weise bereitet wird, daß man in eine 10—20-proz. Rohrzuckerlösung einige Stücke Ingwer einwirft und dann einige Körner der Ginger-beer Plant zufügt. Es sind dies Krusten von hornähnlichem Gefüge, welche

in dem süßen Nährboden zu durchscheinenden Klumpen von Haselnußgröße aufquellen und bald heftige Gärung erregen. Nach 24 Stunden zieht man die Flüssigkeit von den Klümpchen ab, füllt in Flaschen und genießt das Ingwerbier im Verlaufe der nächsten zwei Tage. Seine Hauptbestandteile sind Kohlensäure und Milchsäure, daneben etwas Alkohol und Essigsäure. Ein Dünnschnitt von der Ingwerbierpflanze (*Fig. 17*) zeigt, daß sie als eine Vergesellschaftung von Hefen und Bakterien in innigem Verbande aufzufassen ist. Den Untersuchungen von H. M. Ward (1) zufolge sind als wesentliche Bestandteile eine Spaltpilzart und eine Hefenart zu betrachten. Die erstere ist schon auf S. 54 des I. Bandes abgebildet und auf S. 55 unter dem Namen *Bacterium vermiforme* beschrieben worden. Die Hefenart hat wegen der ab und zu birnähnlichen Gestalt ihrer Zellen den Namen *Saccharomyces piriformis* erhalten; sie ist in *Fig. 31* auf S. 172 des I. Bandes abgebildet und im 9. Kapitel des IV. Bandes näher beschrieben worden. Besondere Versuche haben ergeben, daß diese beiden Organismen zueinander im Verhältnis einer Art Symbiose (s. Bd. I. S. 502) stehen. Es ist Ward auch gelungen, aus den zwei Komponenten die Ingwerbierpflanze künstlich wieder aufzubauen. Deren Herkunft ist unbekannt.

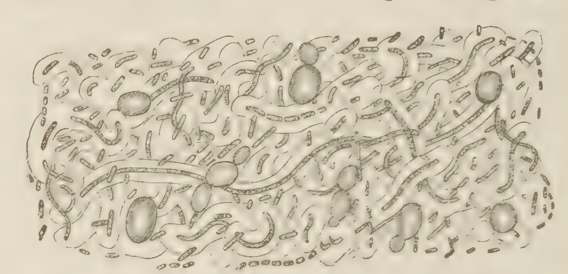


Fig. 17. Schnitt durch die Ginger-beer plant. Die Zellen des *Saccharomyces piriformis* sind von den Zellen des *Bacterium vermiforme* umhüllt, deren Membranen stark verdickt und gequollen sind. — Vergr. 680. Nach H. M. Ward.

In Mexiko findet sich auf der Kaktusfeige (*Opuntia*) ein als **Tibi** bezeichneter Gärerreger in Gestalt klumpiger, durchscheinender Massen von der Größe eines Stecknadelkopfes bis zu der einer Erbse und von einem an gekochten Reis erinnernden Aussehen. In Zuckerlösung gebracht, verwandeln sie diese rasch in ein schäumendes, schwach saures, alkoholisches Getränk, welches insbesondere bei den Fabrikarbeitern beliebt ist. L. Lutz (1) hat diese Massen untersucht. Ihm zufolge sind sie im wesentlichen als eine Vergesellschaftung einer als *Bacillus mexicanus* bezeichneten Spaltpilzart mit einer Hefenart aufzufassen, welche er Radais zu Ehren *Saccharomyces Radaisii* benannte. Dieser letztere ist unter dem neuen Namen *Pichia Radaisii* schon im 9. Kapitel des IV. Bandes beschrieben worden. Das Verhältnis der zwei Organismen zueinander und deren Zersetzungstätigkeit ist noch nicht genügend erforscht. Angeblich soll weder der eine noch der andere für sich allein fähig sein, Gärung zu erregen. Zu dieser bedarf es der Anwesenheit und Wirksamkeit beider. Den *Bacillus mexicanus* beschreibt sein Entdecker als einen Kapselbazillus von 1.5—3.3 μ Länge und 1.2—1.6 μ Breite und einer Kapseldicke von 0.4 μ, welcher gewöhnlich zu gewundenen, fädigen Zellverbänden vereint auftritt, Gelatine nicht verflüssigt und bei ca. 30° C am besten gedeiht. Es ist auch gelungen, Tibikörner aus den zwei Komponenten wieder aufzubauen. Mit diesem Gärerreger ist möglicherweise jener wesensgleich, welcher zufolge Pabst (1) schon seit mehr als 15 Jahren unter den Namen Tiby oder Graines vivantes in Paris benutzt wird, um aus Zucker-

lösung ein billiges schäumendes Getränk von schwachem Alkoholgehalt zu bereiten.

Literatur

zum Kapitel Mykologie einiger besonderer alkoholischer Getränke.

*Atkinson, (1) Memoirs of Science Depart., Tokio Daigaku, 1881, Nr. 6; Chemical News, 1880, Bd. 41, S. 169. *Calmette, (1) Fabrication des alcools de riz en Extrême-Orient. Saigon 1892. *Cech, C. O., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1881, Bd. 4, S. 277. *Cerkez, S. C., (1) Zeitschr. f. d. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1899, Bd. 2, S. 29. *Fujita, (1) Americ. Brewer's Review, 1902, Bd. 16, S. 201. *Georgiewski, Nik., (1) Ueber die Beziehungen d. Kwaß z. Biere u. d. diätetische Bedeutg. d. freien Säuren in diesen Getränken. Dissert., St. Petersburg 1875. *Hoffmann, (1) Mitt. d. Deutsch. Ges. f. Natur- u. Völkerkunde Ostasiens, 1874, H. 6, S. 8. *van den Hulle, L., und van Laer, H., (1) Mém. cour etc. par l'Acad. roy. des sciences etc. de Belgique. Collection in 8°, 1891, Bd. 45, S. 1. *Iljinsky, N. W., (1) Wratsch. 1881, S. 85. *Istrati, C., und Proca, G., (1) Buletinul societătii de sciinte din Bucuresci, 1899, Bd. 5, S. 78. *Kellner, O., (1) Chem.-Ztg., 1895, Bd. 19, S. 97. — (2) Bullet. Imp. College of Agric. Tokio, Nr. 5, S. 6. *Kellner, O., Mori, und Nagaoka, (1) Z. f. physiolog. Chem., 1889, Bd. 14, S. 297. *Kobert, Rud., (1) Ueber d. Kwaß u. dessen Bereitg.; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 253. *Korschelt, O., (1) Mitt. d. Deutsch. Ges. f. Natur- u. Völkerkunde Ostasiens, 1876, H. 16, S. 240. — (2) Dinglers Journ., 1878, Bd. 230, S. 76. *Kosai und Yabe, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1895, Bd. 1, S. 619. *Kozai, Y., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1900, Bd. 6, S. 385. *Kubarew, G. W., und Tereschtschenko, N. A., (1) Pharm. Zeitsch. f. Rußland, 1897, Bd. 36, S. 733. *Lacambre, (1) Traité de la fabric. des bières. Bruxelles 1851. *van Laer, H., (1) Ann. Pasteur, 1900, Bd. 14, S. 82. *Lindner, Paul, (1) W. f. Brauerei, 1893, Bd. 10, S. 1298. *Lutz, L., (1) Bullet. Soc. mycol. de France, 1899, Bd. 15, S. 68 u. 157. *Munsche, A., (1) J. federated Inst. Brewing, 1899, S. 216 u. 606. *Neuville, (1) Les ferments industriels d'Extrême-Orient. Paris, 1902? (ohne Jahr). *Nikitinski, J., (1) Rigaer Industrie-Zeitg., 1902, Bd. 28, S. 321. *Okumura, (1) Bullet. College Agric. Tokio, 1897, Bd 3, S. 233. *Pabst, (1) Cit. n. Kochs Jahresb., 1890, Bd. 1, S. 143. *Planitz, Hans von der, (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1879, Bd. 2, S. 13. *Prinsen-Geerligs, H. C., (1) Chem.-Ztg., 1895, Bd. 19, Nr. 75. *Rathgen, (1) Japans Volkswirtschaft u. Staatshaushalt. Leipzig 1891. *Reess, M., (1) Bot. Unters. ü. d. Alkoholgärungspilze, Leipzig 1870, S. 41. *Rein, (1) Japan nach Reisen und Studien, Leipzig 1886, Bd. 2, S. 111. *Rothenbach, F., (1) W. f. Brauerei, 1897, Bd. 14, S. 477. *Saare, Oskar, (1) W. f. Brauerei, 1890, Bd. 7, S. 534. *Saito, (1) Journ. College Science, Imp. Univ. Tokio, 1894, Bd. 19, Art. 18. *Sander, (1) W. f. Brauerei, 1900, Bd. 17, S. 358. *Sauer, F., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1897, Bd 20, S. 156. *Schiewek, (1) Beilage z. Jahresber. d. evang. Realschule I. zu Breslau, 1897, S. 18. *Stange, A., (1) Farmac. Westnik, 1904, Bd. 8, S. 2; ref. in Chem.-Ztg., Repert., 1904, Bd. 28, S. 171. *Takamine, (1) D R P. 79763 v. 1891; Amerik. Patent 41123. *Uspenski, A. B., (1) Zur Bakteriologie d. Kwaß. Dissert. (russ.), St. Petersburg 1891. *Uyeda, (1) The botan. magaz., Tokyo, 1902, Bd. 15, S. 160. *Vorderman, A. G., (1) Geneeskundig Tijdschrift voor Nederl. Indie, 1894, Bd. 34, Nr. 5. *Ward, H. M., (1) Philos. Transactions, 1892, Bd. 183 B, S. 125. *Wehmer, C., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1895, Bd. 1, S. 218 u. 572. *Wierigo, A. A., (1) Cit. n. Kobert (1). *Yabe, K., (1) Bullet. College Agric., Imp. Univ. Tokio, 1896, Bd. 2, S. 219. — (2) Ebenda, 1897, Bd. 3, S. 221. *Zega, A., und Majstorović, R., (1) Chem.-Ztg., 1899, Bd. 23, S. 544.

Vierter Abschnitt.

Mykologie der Brennerei und Preßhefenfabrikation.

10. Kapitel.

Reinhefe und Reinzuchtsystem.

Von

Ingenieur J. Hašek, Prof. Dr. P. Lindner, Dr. W. Kues.[1])

§ 67. Die Mikrobenvegetation der Rohstoffe der Brennerei.

Da die Brennereien und Preßhefenfabriken Gerstenmalz für die Verzuckerung der Maischen benötigen und sich dasselbe fast durchweg selbst herstellen, mögen hier einige Worte über seine Herstellung gesagt werden. Neuerliche Bestrebungen, die Quell- und Keimungsdauer abzukürzen, haben zu der sogen. abwechselnden Luft-Wasser-Weiche geführt; bei ihr findet sowohl eine genügende Lüftung als auch eine reichliche mechanische Reibung der einzelnen Körner statt. Beides ist wichtig; erstere bewirkt ein rascheres Wachsen des Embryos, letztere eine Säuberung der Spelzen von Schmutz und namentlich von Pilzschleim, die beide die Poren derselben verschließen und so die Atmung des Korns beeinträchtigen. Gerstenkörner, welche aus der Weiche nicht entfernt werden, was bei ungenügender Reinigung vorkommt, gehen leicht in Fäulnis mit Gasentwicklung über. Lermer (1) hat eine Analyse der Gasarten, die bei sechswöchentlichem Verweilen von Gerste in Wasser sich bilden, ausgeführt, und hat gefunden: 58 Proz. Stickstoff, 0.54 Proz. Kohlenoxyd, 3.15 Proz. Methan und 37.4 Proz. Wasserstoff. Neben diesen Produkten konnten auch Valeriansäure, Buttersäure und Essigsäure nachgewiesen werden. Die einzelnen Gärprodukte traten nicht gleich-

[1]) Es sind eingelaufen:
§§ 67–69 von H. Prof. Dr. Paul Lindner in Berlin am 12. 12. 1905,
§§ 70 u. 71 „ „ J. Hašek, Oberingenieur der Spiritusabteilung der Firma F. Ringhoffer, Maschinenfabrik etc. in Smichow bei Prag, am 13. 12. 1905,
§ 72 „ „ Dr. W. Kues in Wien am 10. 8. 1905.

zeitig auf, sondern es wurden z. B. der Wasserstoff und der Stickstoff erst gegen das Ende des Versuches entbunden. 10 ccm Gerste mit 10 ccm Wasser gaben nach 17 Tagen bei Zimmertemperatur bereits 10 ccm Gas. Schon beim Einweichen und Waschen der Gerste treten in dem Weichwasser säuerliche Gerüche auf, die geradezu an tierischen Schweiß erinnern.

Um die eiweißreichen kleinkörnigen Gersten zu starker Diastaseentwicklung zu veranlassen, müssen dieselben sehr lange auf der Malztenne — bei der alten Weichmethode am besten gegen 18—20 Tage bei ca. 15° C in ca. 6 cm hoher Schicht — geführt werden. In dieser Zeit haben aber Schimmelpilze und Bakterien genug Gelegenheit, sich darauf anzusiedeln. Mitunter erscheint das fertige Grünmalz ganz dunkel infolge der reichlichen Sporenbildung des *Rhizopus nigricans*, des häufigsten Malzschimmels. Wäscht man fertiges Grünmalz und untersucht das Waschwasser, vielleicht in der Weise, daß man einfach ein Vaselineinschlußpräparat (s. S. 173), davon herstellt, dann bemerkt man nach einigen Tagen ein überaus reichliches Auftreten von Bakterienkolonien und Hefen. Da aber Luftmangel herrscht, kommen nur die ersteren zu größerer Ausbreitung. Zumeist sind es sehr kleinzellige Bakterien, aber hin und wieder werden wir durch größere lockere fädige Kolonien überrascht; das sind zumeist Milchsäurebakterien.

Namentlich im Jugendstadium fällt uns auf, daß die Zwischenräume zwischen den locker zusammengeballten Kolonien völlig frei bleiben von Eindringlingen, z. B. Zellen benachbarter Bakterienkolonien. Es scheint eine schleimige Schutzhülle hier eine Rolle zu spielen, wenigstens bei gewissen Arten. Am meisten Ansiedlungen haben natürlich die halben Körner aufzuweisen. Von Schimmelpilzen, die auf Gerste bei der Keimung sich breit machen und von denen LINDNER (5) einige näher beschrieben hat, seien außer den am häufigsten vorkommenden Arten, dem *Rhizopus nigricans* und dem *Penicillium glaucum*, noch erwähnt: das *Fusarium Hordei* MATTHEWS (*Fusisporium moschatum* KITASATO, vergl. Bd. III, S. 413), das die Körner mit einem roten Belag überzieht, das *Cladosporium herbarum* (s. 12. Kap. d. IV. Bds.), das *Oidium lactis* (s. 16. Kap. d. IV. Bds.), *Alternaria*, dann verschiedene *Aspergillus*-Arten (s. 10. Kap. d. IV. Bds.), so *Asp. clavatus* mit seinen kanonenwischerähnlichen Konidienträgern oder, namentlich auf Körnern, die vom Kornkäfer oder der Kornmotte befallen waren, *Asp. albus* mit seinen weißen Köpfchen, die auf dem Querschnitt wie Sonnen aussehen infolge der massenhaft ausstrahlenden Sterigmen mit den Sporenketten. Ob die von *Fusarium Hordei* befallenen Körner giftige Eigenschaften haben, ist noch festzustellen. In Rußland hat A. JATSCHEWSKI (1) in nassen Jahren auf „trunkenem" Getreide ein *Fusarium roseum* massenhaft vorkommen sehen. Eine genauere Untersuchung hätte einige Bedeutung wegen der Schlempe- oder Treberfütterung. Der Genuß des Mehls von trunkenem Getreide ruft schon nach einigen Stunden Schwindel, starke Kopfschmerzen, Erbrechen, Störung des Sehvermögens hervor und kann nach einigen Tagen sogar den Tod zur Folge haben. In manchen Mälzereien sitzt an den Wänden und Decken eine so reichhaltige Schimmelvegetation, daß auch bei sonst reinem Getreide eine Infektion, namentlich an verletzten Körnern, stattfinden muß. Ueber den Einfluß der einzelnen Schimmelpilzarten ist noch wenig bekannt; am unschuldigsten scheinen die *Mucor*-Arten zu sein, zumal auch wegen ihrer Fähigkeit, selbst Diastase zu erzeugen. Sie würden also den Diastasegehalt vermehren helfen. Neben Schimmel-

pilzen spielen auf dem Malz auch Hefen eine Rolle, so insbesondere rote Hefen (s. S. 164). Sowohl die Schimmelpilze als auch die Hefen des Malzes finden beim Maischen zumeist ihren Untergang; nur die mit dem Schrotstaub in die Luft aufwirbelnden Keime erhalten sich und 5 können noch eine Infektionsgefahr abgeben.

Mitunter stellt sich ein Waschen auch des Grünmalzes in der Praxis als sehr nützlich heraus; ja sogar eine Desinfektion ist angestrebt worden. SOMLO (1) läßt es 2 Stunden unter 2-proz. Formaldehydlösung stehen und spült darauf 20—30 Minuten mit fließendem 10 kalten Wasser nach. Das so behandelte Malz soll nicht nur steril sein, sondern auch an 15—25 Proz. diastatischer Kraft gewonnen haben. Ebenso vollständig soll die Sterilisation des Malzes durch Eintauchen desselben in Wasser von 55 ° C und nachheriges tüchtiges Nachwaschen mit kaltem Wasser erzielt werden. Die etwa vorhanden gewesenen Dauersporen 15 sollen inzwischen in vegetative umgewandelt worden sein, für die die nachher in Anwendung kommende Maischtemperatur von 59 ° C tödlich wirken soll. Bei schlechtem Malz wird das Waschen mit lauwarmem Wasser seit altersher in den Brennereien geübt. Wo in Kartoffelbrennereien Entschaler Anwendung finden, durch die die Kartoffelschalen 20 aus der Maische entfernt werden, bleiben auch Gerstenmalzspelzen reichlich darin, wenn nicht das Malz wiederholt und ganz fein gequetscht worden ist. Mit diesen Schalen und Spelzen wird ein Teil der oberflächlich angesiedelten Keime von der Maische ferngehalten.

Von besonderer Wichtigkeit ist für die Brennerei das gute Auf- 25 bewahren der Kartoffel in Kellern und Mieten; darüber ist Näheres im 20. Kapitel des II. Bandes enthalten, welches auch Angaben über die Kartoffelfäule und ihre Erreger bringt. Beim Dämpfen im Henze-Apparat werden faulige Kartoffeln infolge der Klumpenbildung leicht der völligen Sterilisation entgehen. Ehe mit Hochdruck gedämpft 30 wurde, mögen noch häufiger, selbst bei gesunden Kartoffeln, die auf ihnen sitzenden, aus dem Acker stammenden Sporen der *Granulobacter*-Arten, der Heu- und Kartoffelbazillen unversehrt die Hitze überdauert haben. Die Heubazillen (*Bac. subtilis*) entwickeln sich leicht auf der Oberfläche der süßen Hefenmaischen, die zur Säuerung bestimmt sind, vor 35 Eintritt derselben. HENNEBERG fand in einem solchen Falle, daß sie mit dem Kondenswasser vom Holzdeckel in die Maische getropft waren. Der Geruch der Maischen und Würzen, die durch den Heubazillus infiziert sind, ist süßlich-muffig, etwas an Himbeeraroma oder Akazienduft erinnernd.

40 Ueber die **Bakterienvegetationen**, die **in Getreidemaischen** bei verschiedenen Temperaturen sich entwickeln, hat LINDNER (9 u. 10) Angaben gemacht. Danach entwickelt sich in einer Mischung von 12 Teilen Wasser, 2 Teilen Roggenschrot und 1 Teil Malzschrot bei Zimmertemperatur eine Menge verschiedener Arten. Bei 40 ° C dahingegen 45 (s. *Fig. 18*) kommt vorwiegend der Erreger der Buttersäuregärung auf, begleitet von *Pediococcus acidi lactici*, der *Sarcina maxima*, sowie einem *Streptococcus*. Bei 50 ° C ist das stäbchenförmige Milchsäurebakterium vorwiegend. In der kurz aufgekochten und dann abgekühlten Maische hingegen tritt *Bacillus subtilis* mit einem lebhaften Wachstum an der 50 Oberfläche auf. Vergl. auch das 11. Kapitel.

Eine besonders rätselhafte Erscheinung ist bisher stets die *Sarcina maxima* gewesen, doch ist neuerdings auch hier ein gründlicher Einblick in ihr Wesen geschehen. Welche Wege zu diesem Ziele geführt haben,

dürfte zweckmäßig sein, hier in Kürze zu schildern, da die betreffende Methodik eine allgemeinere Nutzanwendung bei ähnlich schwer zu kultivierenden anaeroben Formen finden dürfte. BEIJERINCK und GOSLINGS (1) haben beim Impfen von Malzwürzen oder Traubenzuckerbouillon mit Gartenerde das Vorkommen großer Paketbakterien beobachtet, die sich als starke Milchsäurebildner erwiesen, aber daneben noch Gas, nämlich Kohlensäure (75 Proz.) und Wasserstoff (25 Proz.), entwickelten. Als einfachste Züchtungsmethode, bei der fast ausschließlich großzellige Paketsarcinen erhalten wurden, geben diese Forscher die folgende an: Bouillon, mit 3—10 Proz. Glucose oder Malzwürze, wird mit Phosphorsäure soweit angesäuert, daß 8 ccm Normal-Natronlauge zur Neutralisation von 100 ccm Flüssigkeit nötig sind. Mit dieser Nährlösung wird eine Flasche vollgefüllt, deren Boden mit einer 5—7 mm dicken Schicht fein gesiebter Gartenerde bedeckt ist. Der verschließende Stopfen besitzt eine Durchbohrung, die das Entweichen von Gasen gestattet. Die Kultur wird bei 37° hingestellt. Schon nach 12 Stunden ist sie in voller Gärung, die 24—36 Stunden anhält, wobei die Oberfläche sich mit großem Schaum bedeckt, der von den aus der Tiefe aufsteigenden Gasblasen erzeugt wird. Während die obere Flüssigkeit fast völlig frei von Mikroben ist, zeigt der Bodensatz ein prächtiges Bild einer Sarcinakultur, die fast rein oder nur wenig andere Beimengungen enthält. Die einzelnen Zellindividuen haben ungefähr 3,5 μ im Durchmesser, und die großen vielzelligen Pakete sind sogar für das bloße Auge sichtbar. Die Zellen sind farblos und durchscheinend, die Seite der Pakete unregelmäßig. Hin und wieder, aber viel weniger allgemein, bemerkt man eine braune, nicht durchscheinende Form mit mehr regelmäßigen Paketen, deren Zellen 2—2,5 μ messen. Der auf der gärenden Flüssigkeit schwimmende Schaum besteht aus Schleim, der von den Außenwänden dieser Sarcina abgesondert wird, deren Haut übrigens aus Cellulose besteht, denn sie gibt mit Zinkchlorid und Jod blauviolette Färbung. Diese Reaktion hatte SURINGAR schon im Jahre 1865 als für die Magensarcina, *S. ventriculi*, charakteristisch angegeben. Diese großzellige Form ähnelt mehr dem Bild der *Sarcina maxima* LINDNER. Jene beiden Forscher halten es nicht für ausgeschlossen, daß beide Formen zusammengehören. LINDNER (1 u. 8) machte jedoch darauf aufmerksam, daß die von ihm beschriebene *Sarcina maxima* nicht die Cellulosereaktion gibt. Eine besondere Eigentümlichkeit der Sarcina-Gärung ist das frühzeitige Aufhören der Gasentwicklung unter dem Einfluß der sich bildenden Säure. Alle Ueberimpfungen mit altem Material bleiben erfolglos. Es ist unbedingt nötig, die Ueberimpfung noch während der Gasentwicklung vorzunehmen, wenn man Erfolg haben will. Die kräftigsten Gärungen werden in einer ge-

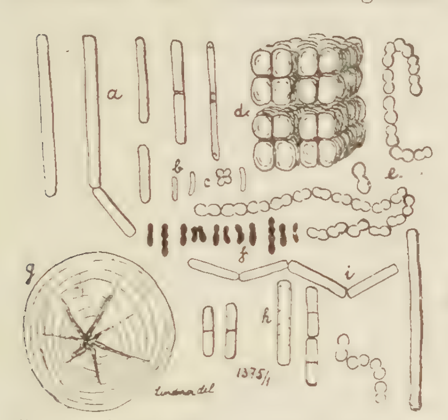


Fig. 18. Vegetation in einer kalt eingemaischten und 24 Stunden lang bei 40° C gestandenen Malz-Roggen-Maische. *a, i, h* Buttersäurebakterien. *b* Kurzstäbchen. *c Pediococcus acidi lactici.* *d Sarcina maxima.* *e Streptococcus.* *f* Termobakterien. *g* Stärkekorn. — Vergr. 1375. Nach LINDNER.

schlossenen Flasche erhalten, die mit dem Bodensatz der in offener Flasche vollzogenen Gärung geimpft wurde, wogegen die stete Erneuerung des Versuchs mit dem Bodensatz aus geschlossenen Gärungen bald ein Nachlassen und Verschwinden derselben nach sich zieht. Wenn bei dem 5 Rohanhäufungsversuch nur wenig Säure angewendet wird, dann entwickeln sich die gewöhnlichen Milchsäurebakterien, die Laktobazillen (s. Bd. II, S. 82), auch bei Zutritt von Luft, obwohl ihre sonstigen Lebensbedingungen denen der *Sarcina* entsprechen. In diesem Fall zeigt sich auch, daß wirklich Milchsäurebakterien in jedem Gartenboden zugegen 10 sind, was bis dahin noch nicht bewiesen worden war (vergl. Bd. II, S. 87). Fällt die Konkurrenz der letzteren weg, dann vermag sich auch die *Sarcina* ohne Säuregegenwart kräftig zu entwickeln. Es sind also die Grenzen der Lebensbedingungen der *Sarcina* sehr weit, sobald sie ohne Konkurrenz wächst. LINDNER beobachtete bei Malzmaischen, die bei 15 40° C hingestellt wurden, oft ein überaus reichliches Auftreten der *Sarcina maxima*. Es wird in Zukunft darauf zu achten sein, ob im Magen und Darm der Pflanzenfresser, deren Dung auf die Kartoffel- und Getreidefelder gelangt, dieser Mikrobe häufig vorkommt. Es wird diese Frage um so leichter zu bearbeiten sein, als durch BEIJERINCK's Ver-20 suche die Kulturbedingungen desselben erkannt sind.

BEIJERINCK (1) hat zuerst im Jahre 1886 beobachtet, daß bei der Einmaischung verschiedener Getreidemehl- und Gerstenmalzvarietäten und nachfolgender 24-stündiger Aufbewahrung der Maische bei Bruttemperatur eine Butylalkoholgärung unter reichlicher Wasserstoff- und 25 Kohlensäurebildung zustande kommt, während aus anderen Mehlmustern neben den genannten Gasen und sehr wenig Butylalkohol der Hauptsache nach Buttersäure entstand. Die hierbei und in der Folge von ihm beobachteten Bakterien stellte er zu der Gattung *Granulobacter* zusammen; vergl. darüber Bd. II, S. 112. *Granulobacter butylicum* ist der 30 Butylgärungserreger vieler Getreidemehlarten. Er ist anaerob, erzeugt aus Maltose normalen Butylalkohol, Wasserstoff und Kohlensäure, aber keine Buttersäure. Außer den *Granulobacter*-Arten fand BEIJERINCK in Malzmaischen auch noch einen *Streptococcus* als Erreger der Butylalkoholgärung vor. Im allgemeinen läßt sich aber sagen, daß die Butter-35 säuregärung heutzutage in der Brennerei kaum noch eine Rolle spielt. Ueber die Mittel zur Verhütung ihres Eintretens bringt das folgende (11.) Kapitel ausführliche Angaben.

Auch das Wasser der Betriebe kann eine beträchtliche Mikrobenvegetation mit sich führen, welche die Brennereimaischen und Würzen 40 schädigen und die Haltbarkeit der Preßhefen verringern.

Einige Erwähnung verdienen noch die Essigsäure-Bakterien, die hauptsächlich am Malz und an den Gefäßwandungen angesiedelt sind. In Maischen, die noch keine Spur Alkohol enthalten, können sie nach BEIJERINCK Gluconsäure erzeugen. HENNEBERG stellte fest, daß letztere 45 Säure eine schlechte Vergärung zur Folge hat, indem die Hefe beträchtlich geschwächt wird. Von den eigentlichen Essigsäure-Bakterien (vergl. d. 19. Kap.) — Essigsäure in geringer Menge erzeugen z. B. auch gewisse Milchsäure-Bakterien (s. Bd. II, S. 60) — ist bisher von HENNEBERG das *Bacterium industrium* in Brennereimaischen gefunden worden. 50 Da ein Prozent Milchsäure manchen Essigbakterien nicht oder nur wenig hinderlich ist, ist klar, daß diese sich leicht in Brennereien einnisten können, noch mehr in Lufthefenfabriken. In manchen von diesen letzteren wird die vergorene Würze geradezu weiter auf Essig verarbeitet. HENNE-

berg hat wiederholt das Vorhandensein flüchtiger Säure und eine größere Säurezunahme in den Hauptmaischen auf die Gegenwart von Essigbakterien zurückgeführt. Vielleicht dürfte in nicht seltenen Fällen auch die Gegenwart von Fruchtätherhefen, die ja auch Essigsäure und Essigsäureester bilden, Veranlassung zu deren Bildung sein; sitzt doch das 5 Grünmalz, das gerade in den Brennereien sehr lange auf der Tenne gehalten wird, voll von diesen Hefen, die übrigens sehr leicht und ziemlich widerstandsfähige Sporen bilden. Besonders stark ist ihre Vermehrung in dem gequetschten Grünmalz (vergl. S. 164), zumal wenn es nicht sogleich verwertet worden ist, sondern erst lange Zeit Gelegenheit 10 gehabt hat, Sauerstoff aufzunehmen und daraufhin hitzig geworden ist. Daß die säurebildenden Organismen auch antiseptischen Stoffen, wie der schwefligen Säure u. a., sich leicht anpassen, hat Rothenbach gezeigt. Bei Bezug von Anstellhefe können unter Umständen zahlreiche Essigbakterien mit eingeschleppt werden. Henneberg hat festgestellt, daß 15 durch Essigsäure-Bakterien auch feucht gehaltene Hefe leicht geschädigt werden kann.

§ 68. Orientierender Ueberblick über die Biologie der Brennerei und der Preßhefen-Fabrikation.

Mit dem Nichtüberschreiten einer gewissen Temperatur beim Maischen 20 in der Brennerei und Preßhefen-Fabrikation und dem mitunter gebotenen nachträglichen Zusatz von Malz zu der heruntergekühlten Maische ist ein Fortleben und eine Weitervermehrung zahlreicher Mikroben, die auf der Rohfrucht und dem keimenden Korn angesiedelt waren, gesichert. In der Brauerei ist das Sudhaus die Endstation jenes Mikrobendaseins. 25 Der Gärprozeß in der letzteren hebt in einer fast sterilen Würze an, wenn man von der Infektion durch Leitungen und Gefäßwandungen, durch Luft und Wasser usw. absieht, die übrigens in der Brennerei auch in Betracht gezogen werden muß. Während aber in der Brauerei die Infektionskeime wochen- und monatelang Zeit zur Entwicklung haben, 30 beschränkt sich diese Frist in der Brennerei nur auf wenige Tage. Dafür ist aber dort eine niedrige, hier eine hohe Temperatur in Anwendung; letztere kann in kurzer Zeit die Mikroben zu solcher Vermehrung bringen, daß dieselbe Zahl erreicht wird wie bei jener in langer Frist. Die Säuerung des Hefengutes und unter Umständen auch der 35 Hauptmaischen wurde namentlich am Anfang der Kampagne, solange man keine Reinkulturen des Milchsäurebazillus kannte, stets durch die beim Abmaischen unversehrt gebliebenen Bazillen eingeleitet. In solchen gesäuerten Maischen setzt auch eine spontane Hefengärung ein, wenn sie lange genug in nicht zu kalten Räumen hingestellt werden. Solche 40 spontanen Gärungen sind zufolge Lindner (4) bereits vor 45 Jahren in der Preßhefen-Fabrik zu Giesmannsdorf in Schlesien beobachtet und zum Anstellen der Hauptmaischen mit Vorteil verwertet worden. Dieses Verfahren ist zufolge Delbrück (1) auch in Amerika in Uebung und zwar in Großbetrieben allerersten Ranges, wie wir sie in Deutschland gar 45 nicht kennen. Ob es sich hier um eine Infektion aus der Luft, wie Delbrück vermutet, oder um eine solche aus den Gefäßwandungen (vergl. S. 157—158) oder schließlich auch um Hefenkeime (s. oben), die an dem Getreide selbst gesessen haben, handelt, ist nicht sichergestellt. Ich möchte den letzten zwei Erklärungsversuchen den Vorzug geben. 50

Da die Brennereihefen und die Preßhefen zumeist leicht Sporen bilden, ist ein Ueberleben der Abmaischtemperatur durch Hefensporen gut denkbar. Diese können dann die „Naturhefe“ erzeugen, doch werden an dieser auch die von den Gefäßwandungen stammenden Hefen be-
5 teiligt sein. In den Würzen und Maischen der Gärungsbetriebe beginnt mit dem Einsetzen der Säuerung bezw. Gärung bald ein harter Konkurrenzkampf, dessen Ausgang von verschiedenen Umständen abhängig ist.

Delbrück (2) hat es unternommen, in seinem System der natürlichen Hefenreinzucht (vergl. S. 141) gleichsam die Topographie
10 des Schlachtfeldes, auf dem jene Kämpfe sich abspielen, zu kennzeichnen und die leitenden Gesichtspunkte zu entwickeln, nach welchen in den einzelnen Gärungsgewerben die guten, nützlichen Mikroben gegen die schädlichen zum Sieg geführt werden können. Er weist darauf hin, wie die Praxis rein empirisch in dieser Hinsicht das Richtige getroffen hat,
15 wenigstens in den meisten Fällen. In einer Reihe experimenteller Untersuchungen, die sich auf die inzwischen neu geschaffenen mikrobiologischen Methoden stützen konnten, gibt er den einzelnen praktischen Maßnahmen die wissenschaftliche Begründung. Der Sieg wird um so sicherer sein, je mehr die Truppe einheitlich zusammengesetzt und ausgebildet ist.
20 Der Feldherr hat nur noch darauf zu achten, daß seine Truppe gut verpflegt wird und daß sie nicht zu großen Strapazen ausgesetzt wird, um im entscheidenden Augenblick mit ausreichender Kraft einsetzen zu können. Die wenigen Mitläufer, die von den verschiedenen Seiten her der Truppe sich anschließen, haben nur noch selten Gelegenheit, lästig
25 zu werden. Wo Desinfektionsmittel in Verbindung mit einer sachgemäß durchgeführten Reinlichkeit im Gärungsbetriebe zweckentsprechend Anwendung finden, da wird bald von solch zweifelhaften Elementen nur wenig zu bemerken sein.

Die ältere Praxis hat übrigens mit den „bewährten“ Rezepten, nach
30 denen sie arbeitete, öfters auch sehr trübe Erfahrungen gemacht, und dann galt es, andere Rezepte zu probieren. Bei unseren heutigen, durch die mikroskopisch-biologische Forschung, insbesondere durch das Studium der reingezüchteten Mikroben gewonnenen Kenntnissen erscheint uns jenes öftere Versagen der Kunst des Praktikers nicht mehr rätselhaft.
35 Mit dem Wechsel des Rohmaterials und des Gärungserregers kamen naturgemäß neue feindliche Mikroben auf, gegen welche die alte Kampfregel nicht mehr ausreichte. Der Schlachtplan muß auf Grund des veränderten mikroskopischen Bildes stets neu entworfen werden. Wer hier nicht Bescheid weiß, der muß auch heute noch auf Schlappen ge-
40 faßt sein, wie sie jeder noch so bewährte Praktiker früher mehr oder weniger oft erlebt hat. Wer aber das mikroskopische Bild zu deuten versteht, der kann aus ihm jedesmal die Größe der Gefahr erkennen und weiter beurteilen, ob die getroffenen Maßnahmen das gute Element in der Gärung gefördert haben.

45 Durch Delbrück ist der Begriff des Hefenklimas (vergl. S. 142) eingeführt worden, worunter alle der Hefe im Kampf gegen die Fäulnispilze vorteilhaften Verhältnisse zu verstehen sind. In den verschiedenen Gärungsgewerben werden verschiedene Hefenarten gezüchtet, und für eine jede ist auch ein besonderes Klima notwendig, oder umgekehrt, für
50 jedes Klima hat sich eine besonders geartete Hefe eingefunden. Bezüglich der Brennereihefe sagte er (4): „Die Brennereihefe muß die Eigenschaft haben, hohe Zuckerkonzentrationen, hohen Alkoholgehalt, hohen Säuregehalt, starke Temperatursteigerungen (15—31 ° C) zu er-

tragen; sie muß gegen Spaltpilze und ihre Umsatzstoffe unempfindlich sein, sie muß mit einer geringen Luftzuführung zufrieden sein — anderenfalls würde sie dem Kahm nicht widerstehen können, sie muß ferner schnell arbeiten, hauptsächlich vermöge starker Sproßkraft. Diesen Bedingungen wird die durch das deutsche System der Kunsthefenbereitung repräsentierte ‚natürliche Hefenreinzucht‘ in folgender Weise gerecht: Die Kunsthefenmaische wird konzentriert gemaischt, stark gesäuert, hoch vergoren und in der Temperaturspannung von 15—30° C gezüchtet. Besonders charakteristisch ist die Ausnutzung des entstehenden Alkohols zur natürlichen Reinzucht; eine von 24° am Saccharometer bis 4° vergärende Kunsthefe hat einen Alkoholgehalt von 11 Proz., täglich wird dieser Gehalt in der reifen Hefe erreicht, die gegen Alkohol nicht widerständigen Hefenrassen müssen zugrunde gehen. Verstärkt wird die Wirkung durch die Verwendung von Mutterhefe zur Fortpflanzung: Die Mutterhefe überträgt ihren Alkoholgehalt auf die Hefenmaische; enthält die Maische 11 Proz. und wird $^1/_3$ des Hefengefäßinhaltes als Mutterhefe verwendet, so ist der Anfangsalkoholgehalt einer mit Mutterhefe angestellten Kunsthefe fast $3^3/_4$ Proz. Die Wirkung des Alkohols auf die Hefe besteht nun im wesentlichen darin, daß die Sproßtätigkeit gehemmt wird, solcher Weise werden also alle Hefen, welchen 3—4 Proz. Alkohol unangenehm ist, von vornherein ausgeschlossen.“ Bei einem Fabrikversuch, den MUNSCHE auf DELBRÜCK's Veranlassung anstellte, war nach dreimaligem Durchgehen einer Mischung von *Rasse II* und einer untergärigen Brauereihefe letztere vollkommen unterdrückt, und auch die Gärungserscheinungen der großen Maischen nahmen schnell wieder die der *Rasse II* zukommenden Eigenschaften an. SCHUKOW (1) hat die von LINDNER im Jahre 1889 aus einer Schaumgärungsmaische (s. S. 266) isolierten drei Hefen *Rasse II*, Hefe *Nr. 129* und *Nr. 130* in gleichem Verhältnis gemischt in ungehopfter Würze und sauer gemachter Würze sowie in konzentrierter Würze zur Aussaat gebracht und die Zu- und Abnahme der Konkurrenten mit Hilfe der LINDNER'schen Tröpfchenkultur (s. S. 171) und der Riesenkolonienbildung (s. Bd. IV, S. 23) verfolgt, also derselben Methoden, welche bei sämtlichen Versuchen DELBRÜCK's und seiner Mitarbeiter eine leichte Feststellung der Vegetationsverhältnisse ermöglicht hatten. Nach wenigen Uebertragungen und Erneuerungen der Gärung gelang es, bald die eine, bald die andere Hefe zur Alleinherrschaft oder wenigstens zur Vorherrschaft zu bringen. Später sind auch von HENNEBERG Konkurrenzversuche mit den beiden bisher bewährtesten Hefen der Hefenzuchtanstalt des Vereins der Deutschen Spiritusfabrikanten, nämlich der *Rasse II* und *Rasse XII*, unter Benutzung des ungleich schnellen Auftriebes derselben durchgeführt worden. Man vergleiche auch S. 139—140. Bei jenen deutschen Brennern, welche durch die Berliner Schule gegangen sind, haben die DELBRÜCK'schen Regeln der Gärführung allgemein Anwendung gefunden.

Nicht bloß Hefen, auch Bakterien und Schimmelpilze treten als Bewerber um die in den Würzen und Maischen zum Verzehr bereitgestellten Nährstoffe auf, und auch zwischen ihnen entspinnen sich harte Kämpfe. Die von SCHWANN und PASTEUR geschaffenen Lehren von dem ursächlichen Zusammenhang zwischen Gärung, Fäulnis und Mikrobenwachstum waren zwar vom Gewerbe verständnisvoll aufgegriffen worden, jedoch kamen sie für die Spiritusindustrie erst durch die MAERCKER'schen Bestrebungen, die „Unreinlichkeit der Gärung“ zu beseitigen, zu praktischer

Verwertung. Das nächste (11.) Kapitel wird darüber ausführliche Angaben bringen.

§ 69. Die Reinhefe in der Brennerei und in der Preßhefen-Fabrikation.

Die natürliche Reinzucht ohne Reinkultur setzt voraus, daß der Organismus der höchsten Leistungsfähigkeit in den Rohmaterialien schon vorhanden ist. Dies kann aber oft nicht zutreffen. Die für eine Maische beste Hefenrasse steckt nicht immer in der Anstellhefe, und alle Kunststückchen würden sie nicht herbeizaubern. Die Berliner Versuchsstation mußte, ehe sie für die Praxis reine Anstellhefe abgab, auch erst unter den Hefen des Landes Umschau und da Auslese halten. Die erste von ihr in die Praxis hinausgeschickte Hefe war die später als *Rasse II* bezeichnete Hefe, die Verfasser aus einer Brennerei in Gronowo bei Tauer in Westpreußen, die an Schaumgärung litt, isoliert hatte. Die Anstellhefe hatte die Brennerei von der Preßhefen-Fabrik Oswald Gehrke in Thorn bezogen, und der Brennereiverwalter H. Diemke berichtete, daß gleich der erste damit angestellte Bottich Schaumgärung gegeben hatte. Die Brennerei von Eugen Haase in Pensa in Rußland war die erste, welche diese *Rasse II* als Reinzucht und zwar im August 1890 erhielt und sie in einem kleinen Lindner'schen Reinzuchtapparat (vergl. S. 92) auch rein weiterführte. Der Bericht vom Juni nächsten Jahres, also 1891, lautete, daß „der Apparat während der Kampagne befriedigend gearbeitet und der Zweck, zu dem er angeschafft, nämlich wöchentlich einmal einen Satz reingezüchteter Hefe zur Darstellung neuer Mutterhefe zu gewinnen, zu vollständigster Befriedigung erreicht worden sei. Die ausgewählte Hefenrasse ließ ebenfalls nichts zu wünschen übrig: Vergärung, Ausbeute, Qualität des Spiritus waren gut".

Zwei Jahre später (1892), nachdem die Hefenzuchtanstalt des „Vereins der Deutschen Spiritusfabrikanten" unter Mitwirkung Lindner's durch Delbrück ins Leben gerufen worden war, wurde dieselbe Hefenrasse in größerem Maßstabe nun als „*Rasse II*" gezüchtet. Mit *Rasse I*, einer aus Rostock stammenden Preßhefe, die Lindner durch die besonders kräftig aussehenden Zellen zur Züchtung empfehlenswert schien, wurden keine guten Erfahrungen gemacht; ebenso fielen Versuche mit einer Weißbierhefe, die besonders hohe Alkoholausbeute (16 Vol. Proz.) in gelüfteten konzentrierten Maltoselösungen gegeben hatte, ungünstig aus. Von der *Rasse II* waren bis 1896 bereits ungefähr 10000 kg an die deutschen Brennereien abgegeben worden. In den folgenden Jahren wurden zeitweise auch andere Rassen durch Matthes ausprobiert, namentlich war für die Preßhefen-Fabriken das Bedürfnis nach einer ihren Zwecken mehr zusagenden Rasse fühlbar geworden. Matthes fand zunächst bei der *Rasse IX*, später in der *Rasse XII* die gewünschten Eigenschaften. Heute ist *Rasse XII* in vorwiegendem Gebrauch, sowohl in Kartoffelbrennereien als auch in Preßhefen-Fabriken. *Rasse II* neigt zu sehr zur Schaumgärung und wird dadurch manchmal unangenehm. Wie sehr sich die Praxis mit der Reinhefe bereits vertraut gemacht hat, geht aus der Tatsache hervor, daß im Jahre 1904 bereits über 12000 kg von *Rasse XII* und *Rasse II* von der Hefenzuchtanstalt abgegeben worden sind. Ein interessanter Versuch wurde noch mit der Pombehefe (s. S. 255) *Schizosaccharomyces Pombe* Lindner, gemacht. Dieselbe hat sich nach den Unter-

suchungen Rothenbach's (1) als eine dextrinvergärende Hefe erwiesen (vergl. d. 9. u. 19. Kap. d. IV. Bds.), und man durfte von ihr eine höhere Ausbeute an Alkohol erwarten als von der *Rasse II*. Die Versuche in der Praxis blieben aber ohne Erfolg, jedenfalls weil Rothenbach das Temperaturoptimum zu niedrig geschätzt hatte; er arbeitete bei 28 bis 33° C. In einer argentinischen Brennerei hat zufolge Lindner (10) dieselbe Hefe aber sehr gute Erfolge ergeben. Zufolge brieflicher Mitteilung „verursachte sie sehr lebhafte Gärungen und entwickelte sich voll bei Temperaturen von 32—42° C, was für ein warmes Klima eine brillante Eigenschaft ist; es wurde aber auch beobachtet, daß bei 25 bis 30° C die Hefe enorm schnell degeneriert und anderen Saccharomyceten Platz macht, ohne indes dabei abzusterben. Sobald nämlich die Temperatur infolge der hohen Außentemperatur wieder stieg, bekam wieder die Pombehefe die Oberhand. Es haben sich bedeutende Alkoholmehrausbeuten mit dieser Hefe ergeben". Die Pombehefe produziert ziemlich viel Säure und schafft sich durch diese einen Schutz gegen Bakterienangriffe. Zufolge Rothenbach (1) wurde in einer Maische von 28,6 Proz. Balling und 0,3° Säure ein Endsäuregrad von 1,2° erreicht (1° entspricht 1 ccm Normal-Natronlauge auf 20 ccm Maische). Ferner war bemerkenswert, daß im Gegensatz zu *Rasse II* die Pombehefe an Flußsäure wenig anpassungsfähig war, eine Eigenschaft, die sie mit den Spaltpilzen der Maische teilt.

Die vielen Hefen, welche Lindner aus Brennereimaischen und Preßhefen isoliert hatte, wurden Gegenstand zahlreicher Untersuchungen; das allzu reichliche Material machte eine Arbeitsteilung nötig, und es sind so von Delbrück's Mitarbeitern eine Anzahl von Untersuchungen ausgeführt worden, welche sich auf die technische Leistungsfähigkeit der Hefen in bezug auf Alkoholbildung und Vermehrungsfähigkeit beziehen. In letzterer Hinsicht wurde insbesondere der Einfluß der Lüftung (vergl. Bd. IV, S. 122 u. 124) studiert. Es ergab sich dabei die überraschende Tatsache, daß in klaren Würzen das 2—3-fache der bisher in den Preßhefen-Fabriken nach dem Wiener Verfahren erzeugten Hefenmengen erhalten werden konnte. Zufolge Delbrück (3) liefern 100 Teile Malz in Form von Maische in der Praxis 10—11 Teile Preßhefe, in Form von Würze ohne Anwendung von Lüftung 21—23 Teile Hefe, in Form von Würze mit Lüftung 30 Teile Hefe. Auch die Frage über die zweckmäßigste Dauer der Lüftung wurde experimentell beantwortet. Das Maximum der Ausbeute wurde bei 4½-stündiger Lüftungszeit erreicht, nämlich 31 Proz., wobei die Aussaathefe bereits in Abzug gebracht war. Nach dem Lüftungsverfahren werden die *Rassen II* und *XII*, wie auch die obergärigen Bierhefen (vergl. S. 135—136), welche als Anstellhefe für obergärige Biere benützt werden sollen, gezüchtet.

Der **Gang der Züchtung** von Brennereihefe im großen zwecks Abgabe an die Brennereien ist in der Hefenzucht-Anstalt des Institutes für Gärungsgewerbe in Berlin der folgende: Im Laboratorium wird von den Würzegelatine- oder Würzeagarkulturen der Sammlung zunächst ein kleiner Satz von ca. 100 g Hefe in einem Carlsberg-Kolben (s. S. 86) hergestellt; damit wird ein großer Lindner'scher Reinzucht-Apparat (s. S. 93) geimpft. Für die Herstellung der Züchtungswürzen kommt Darrmalz, unter Umständen auch etwas Roggen, zur Verarbeitung. Bei ca. 40° C wird in einem Maisch- und Läuterbottich eingemaischt, ½ Stunde stehen gelassen und dann innerhalb 1½ Stunden auf 62° C aufgemaischt. Nun wird 2 Stunden zum Verzuckern stehen gelassen.

Nach Herunterkühlen auf 50° C wird das Milchsäure-Bakterium eingeimpft und dann die Maische durch etwa 12 Stunden der Säuerung überlassen, bis 20 ccm etwa 0,75 Normallauge zur Neutralisation erfordern. Um die Bakterien abzutöten, wird die Maische vor dem Abläutern und Nachschwänzen auf 75—77° C angewärmt und 2—2½ Stunden der Ruhe überlassen. Wenn alles abgeläutert ist und die Würze infolge der Zufuhr von Anschwänzwasser nur noch 0,3—0,35 ccm Normal-Natronlauge auf 20 ccm erfordert, wird mit Hefe im Lüftungsbottich angestellt. Die etwa 8000 Liter fassenden (am besten kupfernen) Gärbottiche sind vorher ebenso wie die Leitung gereinigt und durch Dampf sterilisiert worden. Die Kühlung erfolgt durch ein im Gärbottich aufgestelltes Berieselungssystem. Während die Würze in den Gärbottich läuft, wird die Aussaat aus dem Reinzucht-Apparat zugeführt. Die zur Lüftung nötige filtrierte Luft wird mittelst durchlochter Rohrkreuze am Boden des Bottichs eingeblasen. Der Bottich darf wegen der kräftigen Schaumentwicklung nur bis zur Hälfte befüllt werden. Bei einer Gärtemperatur zwischen 25—28° C ist in 10 Stunden die Vermehrung der Hefe von 5 kg Aussaat auf 100 kg gelangt. Die Luftzufuhr wird eingeschränkt, sobald die Würze von anfänglich 6—7 Proz. auf ungefähr 2 Proz. Balling vergoren ist. Nun wird gekühlt und bis zum nächsten Tag die Gärflüssigkeit der Ruhe überlassen. Vor dem dann folgenden Zentrifugieren des Bottichinhaltes wird mit Luft nochmals aufgerührt. Die Zentrifugen machen 2300 Umdrehungen in der Minute. Die so von der vergorenen Würze rasch abgetrennte Hefe wird schließlich mit sterilem Wasser daraus in dünnflüssigem Zustand entnommen und in eine Filterpresse gepumpt. In gepreßtem Zustand wird sie dann in sterile Blechbüchsen verpackt. Vor dem Verpacken darf die Hefe nicht zu sehr zerkrümelt lange Zeit der Luft ausgesetzt bleiben, weil sonst, namentlich bei zu lockerem Einstampfen in die Büchse, in letzterer Selbsterwärmung stattfinden kann; vergl. darüber S. 106. Am Orte ihrer Bestimmung wird diese gepreßte Hefe dann zur Bereitung des Hefensatzes („Kunsthefe“) verwendet, über welche das folgende (11.) Kapitel nähere Angaben bringen wird.

Die Vorteile der Reinhefe *Rasse II* hat G. Heinzelmann (2) auf Grund von Versuchen in der Praxis zuerst geschildert. Sie gab eine bessere Vergärung, also höhere Alkoholmengen, eine geringe Zunahme der Säure (0,3°) vom Anstellen an bis zur Vergärung im Bottich wie in dem Hefensatz. Der Alkohol hatte, soweit sich aus Destillationsversuchen im kleinen ersehen ließ, einen bedeutend angenehmeren Geschmack und Geruch als der sonst aus Maismaischen gewonnene Rohspiritus. Die *Rasse XII* hat besonders im nassen Jahre 1902, in welchem die Kartoffeln nur geringen Stärkegehalt aufwiesen und für das die schlimmsten Befürchtungen bezüglich der Schaumgärung gehegt wurden, außerordentlich gute Dienste geleistet. Brauer und Neumann (1) berichten, wie Maischen von 21 Proz. Balling von Kartoffeln mit nur 16 Proz. Stärke bis 0,6—0,2 Proz. Balling vergoren, ohne daß dabei Schaumbildung auftrat. Dementsprechend konnte an Steigraum bedeutend gespart werden. Von anderen Praktikern wurde jedoch mitgeteilt, daß *Rasse XII* in hochkonzentrierten Maischen nicht soviel Alkohol erzeuge als *Rasse II*, und es wurde daher ein Preisausschreiben veröffentlicht, durch das die Praxis zu vergleichenden Versuchen mit beiden Rassen aufgefordert wurde. Das Resultat war, daß in der Vergärung *Rasse XII* genau dasselbe zu leisten vermochte wie *Rasse II*, daß aber

in der einen oder in der anderen Brennerei die eine Rasse mehr als die andere zu leisten vermag. Auch in der Preßhefen-Fabrikation wurden frühzeitig mit Reinzuchthefe Versuche gemacht, so von Stenglein und Höller (1), die auch bei Durst (1) eingehend geschildert sind. Die Versuche erstreckten sich sowohl auf das alte Abschöpfverfahren als auch auf das Lüftungsverfahren. Im Durchschnitt eines Monats wurde mit *beliebiger Anstellhefe* 18,5 Proz. Hefe und 9 Proz. Spiritus und mit *Reinzuchthefe* 21,5 Proz. Hefe und 10,0 Proz. Spiritus erhalten, was ein Mehr von 3 Proz. Hefe und 1 Proz. Spiritus zugunsten der Hefenreinzucht bedeutet.

Von den verschiedenen Reinhefen, die bisher ausprobiert wurden, ist nicht viel zu sagen. Es wurde auf Grund von Gärversuchen und Triebkraftbestimmungen die Auswahl zwischen den reinkultivierten Rassen getroffen und dann eben abgewartet, wie die Praxis mit ihnen zufrieden war. Die Ursache der Mißerfolge zu untersuchen, ist eine schwierige, zeitraubende und kostspielige Arbeit. Es mag hier nur kurz angedeutet werden, wie verfehlt es ist, Versuche unter äußerlich gleichartigen Bedingungen mit verschiedenen Rassen in demselben Nährsubstrat auszuführen. Man vergärt z. B. eine Maische, wählt die gleiche Konzentration, Temperatur und Gärdauer und vergleicht nun das Resultat bei verschiedenen Rassen. Die gewonnene Hefenernte wird als Anstellhefe benutzt. Es ist klar, daß diese gleichartigen Versuchsbedingungen höchst ungleiche Verhältnisse schaffen: diejenige Hefe, die mit der Vergärung schon früher fertig ist, kann z. B. am Ende der Gärdauer derart stark geschwächt sein, daß sie bei neuem Anstellen hinter den übrigen Hefen zurücksteht. Es muß also jede Rasse gewissermaßen individuell behandelt und für vergleichende Versuche der gleiche physiologische Zustand der Anstellhefe nach Möglichkeit angestrebt werden. Genau genommen, läßt sich auch für zwei verschiedene Hefen kein völlig übereinstimmender physiologischer Zustand finden. Vielleicht ergäbe sich auch für die vom Institut für Gärungsgewerbe wegen verschiedener Mängel ausgeschiedenen 10 Reinhefen deren Brauchbarkeit bei geeigneter Anpassung der Gärungsbedingungen an die Eigenschaften derselben. Reinhefe *III* hat sich z. B. an vielen Orten ebensogut wie *Rasse II* bewährt, ja in manchen Brennereien besser als letztere; die ab und zu aufgetretene Schaumgärung ist wahrscheinlich nicht ihr sondern anderen Umständen zuzuschreiben gewesen. Reinhefe *IV* zeigte nach Berichten aus verschiedenen Brennereien keinen oder so gut wie gar keinen Schaum, brauchte dagegen viel Steigraum, bildete eine starke Decke und ergab eine schlechte Vergärung. Reinhefe *IV* wurde in mehreren Fabriken mit *Rasse II* und *III* verglichen, reichte aber an deren Alkoholproduktion nicht heran und wurde daher durchgängig verworfen. Zur Hälfte mit *Rasse III* vermischt, gab *Rasse IV* sehr gute Resultate, ohne daß Schaum eintrat, wie es bei *Rasse III*, allein verwendet, zu geschehen pflegte. Vergleichende Gärversuche mit verschiedenen Brennerei- und Preßhefen sind außerordentlich zahlreich angestellt worden, so insbesondere durch Lindner (6), Gronow und Irmisch. Uebersichtlich geordnet finden sie sich bei Lindner (9 u. 10), welcher auch in graphischer Darstellung in zwei großen Tabellen Angaben über das Verhalten einer großen Anzahl von Brennerei- und Preßhefen bezüglich des Keimungsbildes, des Wachstums in Riesenkolonien u. dergl. m. bringt. Man beachte auch die zugehörigen Abbildungen in dem „Atlas“ von Lindner (vergl. S. 172).

Hier mögen noch einige Bemerkungen zur Charakteristik von

Rasse II und *Rasse XII* nach den Untersuchungen von Henneberg (1) angeschlossen werden. *Rasse XII* ist diejenige von den 12 Reinhefen gewesen, welche zuerst auch bei den Preßhefen-Fabrikanten Beifall fand. Im Keimungsbild bildet sie sparrige Sproßverbände und stimmt somit 5 mit den Hefen der renommiertesten Preßhefen-Fabriken von Wien, Dresden, Hamburg überein, bei denen Lindner (7) dasselbe Verhalten in der Tröpfchenkultur feststellte. *Rasse II* bildet keine so sparrigen und längere Zeit ausdauernden Zellverbände. Die Riesenkolonien zeigen bei *Rasse II* eine glatte, nur durch wenig tiefe konzentrische und radiäre 10 Linien zerteilte Oberfläche, die am Rande ziemlich gleichmäßig abgegrenzt wird, bei *Rasse XII* hingegen eine durch radiär verlaufende Furchen und Erhöhungen, die eine äußerst feine konzentrische Ringelung tragen, zerteilte unebene Oberfläche. Durch die nicht gleich weit vom Mittelpunkt endenden Furchen entsteht ein unebener Rand. Die beiden Rassen 15 lassen sich also gut auseinanderhalten. Beijerinck (2) hat in holländischer Preßhefe häufig eine wilde Hefe beobachtet, die er wegen ihrer Essigäther-Bildung *Saccharomyces fragrans* genannt hat. Ueber Fremdkeime in Fabrikpreßhefe und über das sogen. Weichwerden der Preßhefe vergl. S. 107 und die Bemerkungen bei Zeidler (1) und bei Lindner (2).

20 Der Bezug von Reinhefe in gepreßter Form von einer Hefenzucht-Anstalt ist jetzt das Gewöhnliche bei den Rohfrucht-Brennereien: sie verwenden sie dann, wie schon auf S. 268 angedeutet ist, zur Herstellung der Kunsthefe. Manche Brennereien sind jedoch schon dazu übergegangen, sich die Hefe in eigenen Reinzucht-Apparaten selbst zu züchten. Die 25 wichtigsten der dafür in Betracht kommenden Konstruktionen sind in den §§ 70 und 71 beschrieben. Ueber die Vorteile und Besonderheiten des Reinzuchtsystemes in der Melassenbrennerei handelt schließlich der § 72.

§ 70. Jacquemin's Apparat für die Reinzüchtung von Brennereihefe.

30 Die Verschiedenheit des Zieles, wie auch der Art der Rohstoffe und der Gärführung verursachen in der Spiritusbrennerei und in der Preßhefenfabrikation eine Reihe von besonderen Schwierigkeiten, so daß hier das Reinzuchtsystem in einer etwas anderen Gestalt als in der Brauerei zur Durchführung gelangt und die für die Heranzüchtung der Reinhefe zu 35 gebrauchenden Apparate einige Eigenheiten aufweisen, die nun in Kürze besprochen werden sollen. Weitere Angaben findet man bei P. Lindner (10), bei G. Dejonghe (1) u. a. a. O.

Jacquemin (1) war der erste, welcher (im Jahre 1892) die Vergärung der Rübenmaischen durch geeignete reine Hefenrassen in die 40 große Praxis eingeführt hat; sein Verfahren ist seitdem, gestützt auf gute Erfolge, zu großer Verbreitung in den Rübenbrennereien und später auch in den Melassenbrennereien und in den Getreidebrennereien gelangt. Jacquemin (2) arbeitet mit stufenweise angeordneten Propagierungsapparaten um eine kontinuierliche, rasche und billige Vermehrung von 45 reinen Hefen aller Art, insbesondere von reinen Weinhefen, zu erzielen und dadurch die als äußerst vorteilhaft anerkannte Verwendung letztgenannter Hefen als Ersatz für Bier- und Preßhefe in der Spiritusindustrie zu verallgemeinern. Die Nährlösung wird nach diesem Verfahren zuerst in einem Kochapparate durch Dampf sterilisiert, hierauf 50 in einen kleinen Propagierungsapparat gebracht, durch zugeleitete kom-

primierte Luft kräftig gelüftet, gleichzeitig abgekühlt und dann mit Reinzuchthefe zwecks Gewinnung von Mutterhefe („erste Hefe“) beimpft. Diese wird nach genügend weit vorgeschrittener Gärung in einen großen Propagierungsapparat zum Teile abgelassen, darin mit sterilisierter Maische aus dem Kochapparat zwecks weiterer Vermehrung („zweite Hefe“) zusammengebracht und gelüftet, der Gärung unterzogen und dann in einen Hefenbottich (Zwischen- oder Vorgär-Bottich) abgezogen und hier mit gewöhnlicher Maische vermischt. Nachdem so im Vorgärbottich neuerdings Hefe gebildet wurde („dritte Hefe“), wird diese direkt in die Hauptgärbottiche geleitet. Der erste kleine Propagierungsapparat wird wieder mit sterilisierter Nährflüssigkeit beschickt, um die Arbeit kontinuierlich weiter führen zu können. Das Sterilisieren der betreffenden Maischen für die erste und zweite Hefe mit Dampf wird auch in den betreffenden Propagierungsapparaten selbst ausgeführt.

Bei der ersten Ausführung von JACQUEMIN's System diente der große Propagierungsapparat (für die zweite Hefe) als Kochbottich, Sterilisator und Kühlapparat und war ein Holzbottich von 20 hl Fassungsvermögen. Der kupferne kleine Propagierungsapparat (für die erste Hefe) von 3 hl Inhalt war mit Deckel im Wasserverschluß und mit Kühlung durch Außenberieselung eingerichtet. Der Zwischenbottich (für die dritte Hefe) faßte 100 hl. Die Hauptbottiche waren in den Größen von 600—1500 hl und wurden allmählich befüllt. Sowohl in diesen wie auch im Zwischenbottich wurde während der Gärung gelüftet.

Später ersetzte JACQUEMIN den Holzbottich für die zweite Hefe durch ein kupfernes Gefäß mit Dampf- und Luftverteilungskranz, mit Wasserkühlung durch äußere Berieselung des Mantels und oberem Deckel im Wasserverschluß. Für drei Hauptgärbottiche von je 1500 hl Inhalt, daher für täglich 4500 hl Rübenmaische, wurden aufgestellt: vier kupferne Propagierungsapparate zu je 1.5 hl Inhalt (für die erste Hefe), weitere drei Propagierungsapparate zu 15 hl Inhalt (für die zweite Hefe) und drei hölzerne offene Vorgärbottiche zu 150 hl Inhalt (für die dritte Hefe). Die Maischen wurden bei 101—102° C in den Apparaten selbst sterilisiert, nachdem ihnen zuvor Nährsubstanzen (Maltopepton) zugesetzt worden waren. Bei gewissen Melassensorten wurde die Sterilisierung in einem besonderen Autoklaven bei 120° vorgenommen, die Maische in einem besonderen Kühler abgekühlt und dann in die Propagierungsapparate übergeführt. Bei dieser Arbeitsweise wurde die erste Hefe immer durch Zugabe von frischer Reinhefe angestellt, so daß es nötig war, noch selbständige Laboratoriums-Reinzuchtapparate aufzustellen.

Um die Arbeitsweise unabhängig von letzteren und kontinuierlich zu gestalten, konstruierte JACQUEMIN im Jahre 1896 folgende Apparatkombination, die in vielen Melassenbrennereien volle Anwendung gefunden hat, und wählte folgende Größenverhältnisse: 1. Propagierungsapparate für die erste Hefe zu 1.5—2 hl Rauminhalt, 2. desgleichen für die zweite Hefe zu 15—20 hl Rauminhalt, 3. offene Vorgärbottiche für die dritte Hefe zu 40—200 hl Rauminhalt und 4. offene Hauptgärbottiche zu 200—1000 hl Rauminhalt.

Die Propagierungsapparate (s. *Fig. 19*) sind zylindrische Gefäße aus Kupfer, innen verzinnt, mit festem, ebenem Unterboden und gewölbtem Oberboden. An letzterem ist ein Stutzen für die Kohlensäure-Abführung mit Absperrhahn, ein Putzloch von 200 mm bei den kleineren Apparaten *EE'* für die erste Hefe und ein Mannloch von 400 mm bei den größeren Apparaten *FF'* für die zweite Hefe mit Bügelverschluß

und Impfungsschraube, ein Gabelstutzen mit Luftventil und Sicherheitsventil nebst einem Maische-Füllstutzen mit Absperrung angebracht. An der Zarge sitzen ein Berieselungskranz mit Wasserverteilungskonus und Absperrhahn, ein T-Stutzen mit einem, im Inneren des Apparates ein-5 montiertem gelochten Kranz für Dampf und Luftzufuhr samt Absperrungen.

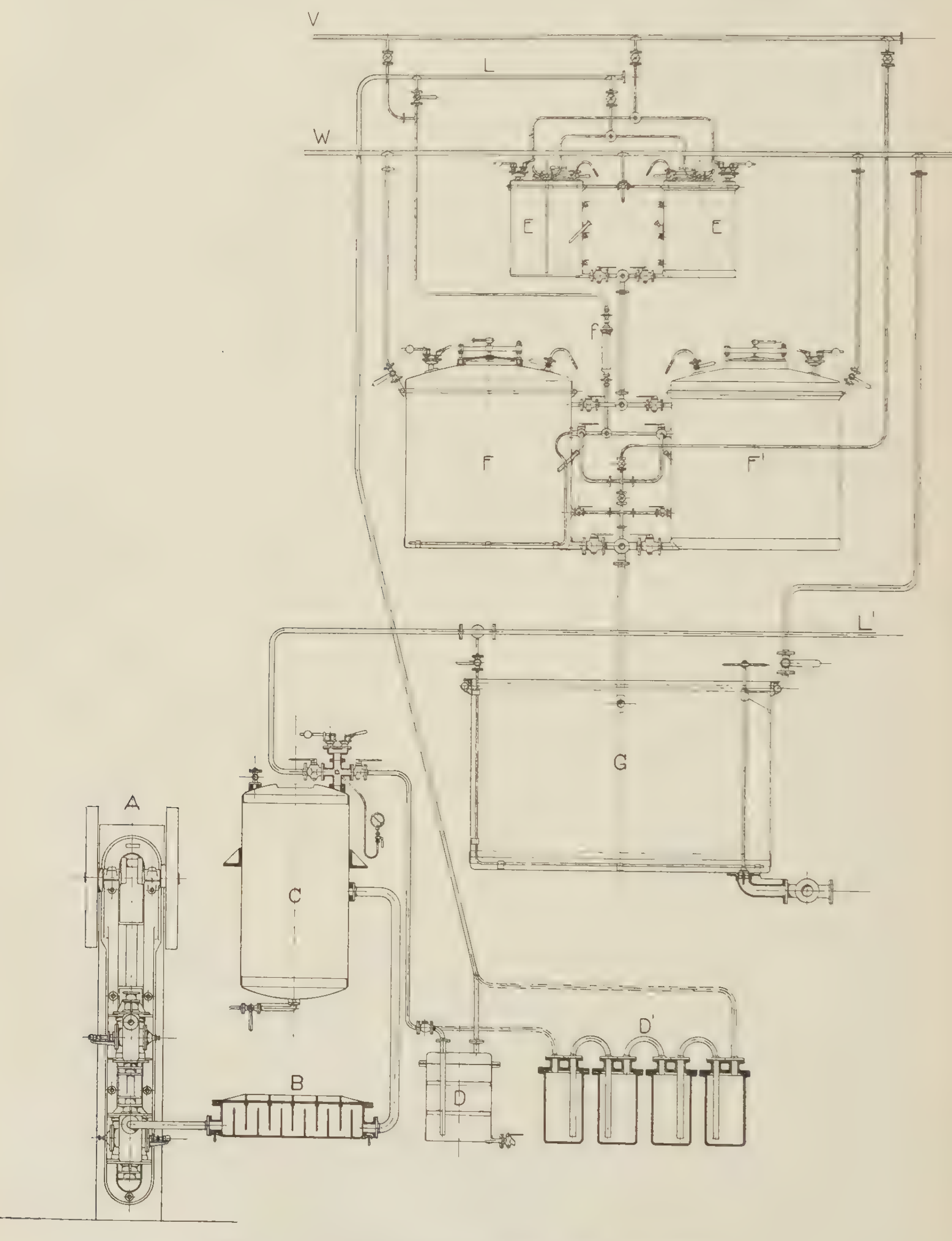


Fig. 19. Hefenreinzucht-Apparat von Jacquemin.

ein Thermometerstutzen nebst Kontrollhülse für das Thermometer und das Kontrollthermometer und zwei oder drei den Füllungen entsprechend hoch angebrachte Probehähnchen, die gleichzeitig als Kontrollhähne zwecks Prüfung des Verlaufes der Gärung dienen. Der Unterboden hat einen Stutzen mit Absperrungen, der nach Bedarf als Füllstutzen oder als Ablaßstutzen für die Hefenmaische benützt wird. Bei den größeren Apparaten war ursprünglich noch seitlich an der Zarge ein Füllstutzen mit Absperrhahn für das Einführen der ersten Hefe. Weil die Kühlung durch Außenberieselung des Mantels mit Wasser vorgenommen wird und im Inneren der Apparate nur die einfachen Luft- bezw. Kochkränze angebracht sind, ist die Reinigung der Apparate eine bequeme und sichere, und da während der Kühlung auch gelüftet werden muß, entspricht die Außenkühlung der bewegten Flüssigkeit vollkommen dem gewünschten Zwecke.

Die eisernen Vorgärbottiche *G* werden auch mit Wasserberieselung des Mantels und mit Lüftung analog den Propagierungsapparaten versehen. Die Gärbottiche erhalten ebenfalls eine Luftschlange.

Die Außenluft wird an einer reinen Stelle der Brennerei in entsprechender Höhe entnommen, dann komprimiert, filtriert und gewaschen. Weil die Pressung der Luft 1 at Ueberdruck nicht zu überschreiten braucht, ist es nicht unbedingt nötig, die Kompressoren *A* mit Mantelkühlung zu versehen, da die Abkühlung der mäßig komprimierten Luft in dem Luftsammelreservoir *C* und den Leitungen *L* eine genügende ist. Das gußeiserne Luftfilter *B* ist in Form eines viereckigen Behälters mit Querwänden, welche mit Hydrophilwatte gefüllt sind, ausgeführt. Die Ablaßhähne dienen zur Entfernung der Schmieröle und der Feuchtigkeit, die mit der Luft aus dem Kompressor mitgeführt wurden. Beim Wechseln der Watteeinlagen wird der Deckel abgeschraubt und abgehoben. Die Luft-Waschvorrichtung bestand ursprünglich aus vier gleichen, gußeisernen Behältern *D'*, die innen mit Bleiverkleidung versehen waren. Der erste Behälter wurde leer gehalten, der zweite war mit Schwefelsäure beschickt, der dritte war wieder leer und der vierte enthielt eine Sodalösung. Diese Batterie von vier Gefäßen wurde später durch ein innen verzinntes Kupfergefäß *D* mit oberem Füll- und Putzloch, gefüllt mit Porzellankugeln und einer Borsäurelösung, ersetzt. Die kleinen Filter *f*, welche den Propagierungsapparaten manchmal vorgesetzt sind, werden ebenfalls mit Hydrophilwatte gefüllt. Die Rohrleitungen sind als feste, zusammengeschraubte, für das Reinigen mit Wasser und Sterilisieren mit Dampf eingerichtete Leitungen ausgeführt.

Die kleinen Reinzuchtapparate (*E* und *E'*) für die erste Hefe dienen zur Sterilisierung und Abkühlung der Maische, Wiederbelebung der Reinkultur, Vermehrung und kontinuierlichen Weiterzüchtung derselben. Sie werden zuerst durch einige Minuten mit Dampf sterilisiert, bis derselbe in vollem Strahle durch den geöffneten Kohlensäure-Abführungshahn des Oberbodens entweicht, dann durch den oberen Füllstutzen zu zwei Dritteln mit verdünnter, angesäuerter, mit Nährmitteln versehener Melassenmaische befüllt; diese wird durch Kochen mit Wasserdampf sterilisiert und dann bei ununterbrochener Lüftung auf die Anstelltemperatur abgekühlt. Die Reinhefe wird dann aus einem Glasballon durch den Impfungsstutzen zugeführt. Die Hefenmaische wird bei entsprechender Lüftung in ca. 10 Stunden auf die Hälfte vergoren. Mit einem Teil derselben wird ein zweiter, in derselben Höhe aufgestellter, inzwischen bemaischter kleiner Apparat durch schwachen Luftdruck

durch den am Unterboden befindlichen und mit einem Dreiweghahne versehenen Stutzen beschickt und die Mutterhefe in dieser Weise kontinuierlich weitergeführt, indem von der reifen Hefenmaische des einen Apparates (*E*) immer die sterilisierte und abgekühlte Maische des anderen 5 Apparates (*E'*) beimpft wird, und umgekehrt.

Die größeren Kupferapparate (*F* und *F'*) für die zweite Hefe dienen ebenfalls zur Sterilisierung und Abkühlung der verdünnten, angesäuerten, zu zwei Dritteln des Apparatinhaltes aufgefüllten Maische und werden mit dem Rest der reifen Hefenmaische aus dem entsprechenden kleinen 10 Apparat (*E* oder *E'*), welche durch Selbstgefälle oder schwachen Luftdruck befördert wird, angestellt. In diesen Apparaten ist die Hefenmaische bei entsprechender Lüftung ebenfalls in 10 Stunden auf ungefähr die Hälfte der Saccharometeranzeige vergoren und wird dann ganz in einen offenen, hölzernen oder eisernen Vorgärbottich (*G*), welcher in-15 zwischen mit verdünnter, entsprechend angesäuerter Melassenmaische aufgefüllt wurde, abgelassen. Je nach dem Größenverhältnis zwischen diesen Vorgärbottichen und den größeren Kupferapparaten ist die Maische bei ununterbrochener schwacher Lüftung in 6—10 Stunden vergoren, um dann in den Hauptbottich abgelassen zu werden. Letzterer wird 20 gewöhnlich auf dreimal vollgefüllt, oder man läßt auch die Hauptmaische mittelst einer Eprouvette kontinuierlich zufließen. Die Vergärung im Hauptbottich beansprucht durchschnittlich 40 Stunden. Oft wird ein Propagierungsapparat von ca. 50-80 l Inhalt in analoger Ausführung wie die Apparate für die erste Hefe zwecks Wiederbelebung der 25 Laboratoriums-Reinhefe der ganzen Anlage vorgeschaltet.

In den letzten Jahren ist dieses Verfahren noch weiter vereinfacht worden. Die Reinzuchtapparate für die erste Hefe beschränken sich auf einen Wiederbelebungsapparat für die Reinhefe von ca. 80 Liter Inhalt, welcher lediglich zum Ansetzen einer neuen Reinhefe, in der Regel ein-30 mal im Monat, dient. Die großen Reinzuchtapparate, sowie die Vorgärbottiche werden bedeutend kleiner bemessen: die ersteren, welche für die kontinuierliche Züchtung der Reinhefe dienen, erhalten einen Inhalt von 3—6 hl, die letzteren werden mit 20—40 hl Inhalt, je nach der Größe der Hauptgärbottiche (200—400 hl), ausgeführt. Die zweite Vor-35 gärung wird zweckmäßig im Hauptbottich selbst vorgenommen, der deshalb ebenso wie der Vorgärbottich mit Lüftung versehen ist. Jeder Reinzuchtapparat liefert in 24 Stunden zweimal reife Hefe, ein Apparat soll zur Reserve dienen. Die erste Vorgär ist in ca. 10 Stunden reif, die zweite im Hauptbottich bei gleicher Menge in 6—8 Stunden auf die 40 Hälfte der ursprünglichen Konzentration vergoren. Die Befüllung des Hauptgärbottichs wird gewöhnlich in drei Stufen oder kontinuierlich vorgenommen. Die Vergärung im Hauptbottich dauert, bei 7,5—8 Vol.-Proz. Alkohol in der destillierreifen Maische, meist 36—40 Stunden. Die Konstruktion der Reinzuchtapparate ist soweit geändert worden, 45 daß dieselben schmäler und höher und ihre Unterböden zwecks vollständiger Entleerung halbkugelförmig ausgeführt und die Apparate außerdem mit länglichen Schaugläsern, zwecks Kontrolle der Menge der eingefüllten Maische, versehen werden. Die Rohrleitungen sind allenfalls abnehmbar für Rohr- und Kautschukanschlüsse montiert. Die Hefen-50 reinzucht-Anlage ist am besten im Gärlokale selbst anzuordnen und zwar seitlich bei mittleren und in einem Mittelgang bei großen Anlagen. Die Höhenverhältnisse sind so zu wählen, daß das Befüllen der einzelnen Apparate und Bottiche durch Selbstgefälle oder mäßigen Luftdruck er-

möglich bleibt. Das Vorbereiten der für die Hefenmaische bestimmten Melasse (Kochen, Ansäuern, Abmessen) ist besser in besonderen eisernen oder hölzernen Gefäßen auszuführen, welche die tägliche Menge der für die Reinzuchtapparate (getrennt für die erste, zweite und dritte Hefe) bestimmten Melassenmaische fassen, und zwar oberhalb der Propagierungs- 5 apparate.

§ 71. Die Apparate von Fernbach, Bendixen, Barbet u. a.

Der von A. FERNBACH (1) für die Züchtung von Spiritushefen konstruierte, kontinuierlich arbeitende Reinzuchtapparat besteht (s. *Fig. 20*) aus drei kupfernen, innen verzinnten Gefäßen und zwar: dem Hefen- 10 erzeuger *A*, dem Sterilisator *B* und dem Hefensammler *C*. Die ersteren zwei haben einen bombierten, auf Kippschrauben montierten Oberboden mit Schaugläsern, um das Innere des Zylinders besehen zu können, und einen flachen, festen Unterboden. Der Hefenerzeuger *A* hat nahe dem Unterboden einen konischen, gezackten Dampf- und Luftverteiler *Z* 15 mit Anschlußrohr *N*, ein Abzugsrohr *P*, welches in die Vertiefung *G* des Unterbodens mündet, ein Füllrohr *H*, einen Stutzen *O* zum Einfüllen der Reinhefenaussaat und zum Abführen der bei der Gärung entwickelten Kohlensäure. Die Wasserkühlung wird durch einen doppelwandigen, innen mit Querwänden versehenen Zylinder *Q* bewirkt; es kann jedoch 20 außerdem eine Wasserberieselung des Oberbodens bezw. des Mantels vorgesehen werden. Der Flüssigkeits-Standzeiger *L* trägt an seinem unteren Teil das Abzugsrohr *S*. Bei anderen Ausführungen wird der Unterboden durch eine unter ihm angebrachte, mit Querwänden versehene Dampfkammer geheizt und die Lüftung mittelst einer durch- 25 lochten Kupferschlange besorgt. Die Form des Sterilisators *B* stimmt mit derjenigen des Hefenerzeugers *A* überein. Der Luft- bezw. Dampfverteiler wird nicht angebracht, dagegen werden das Füllrohr *K*, das Entlüftungsrohr *M*, der Kühlzylinder *Q'* mit der Wasserzuleitung und Ableitung *R'* und R_1' und der Flüssigkeitsanzeiger *L'* beibehalten. 30 Der Hefensammler *C* besitzt am tiefsten Punkte einen Ablaßstutzen *V*, am konischen Oberboden seitlich einen Kohlensäure- bezw. Luftabfuhrstutzen *F* und ein durch den Konus in das Innere reichendes Hefenabfüllrohr *D*. Die Rohrstücke *1* und *2* sind Glasrohre mit leicht eingepreßter Watte, bei *O* und *t'* durch Wattepfropfen verschlossen, und 35 werden vor dem Gebrauch durch Erhitzen auf ca. 170° C sterilisiert. Die Verbindung der einzelnen Dampf- und Luftstutzen mit den betreffenden Leitungen erfolgt durch abnehmbare Gummischläuche, die Absperrung derselben durch Glasstöpsel, die in einer Gasflamme sterilisiert wurden, oder durch Metallklemmen. Die zugeführte Luft geht durch 40 ein an dem betreffenden Stutzen angebrachtes Wattefilter hindurch, das während des Sterilisierens abgenommen wird.

Das Befüllen der beiden Gefäße *A* und *B* mit siedend heißer Nährflüssigkeit (Würze bezw. Maische) erfolgt bei abgenommenen Deckeln und durch Kautschukrohrstücke und Glasstöpsel geschlossenen Stutzen *SS'*. 45 Das Sterilisieren der Leitungen und Apparate und das Kochen der Nährflüssigkeit erfolgt mittelst Kesseldampf. Zu diesem Zwecke werden die Verbindungen *DP* und *HKE* zwischen den drei Gefäßen durch Kautschukschläuche hergestellt. Der Dampf wird zuerst bei *V* eingeführt und somit der Hefensammler *C* nebst der Leitung *DP* sterilisiert. Dann 50

wird dieser Dampfanschluß abgesperrt und der Dampf bei *E* angeschlossen, um die Leitung *H*, die Leitung *K*, den Sterilisator *B* und die dort befindliche Flüssigkeit zu sterilisieren. Und zuletzt, nach Abnahme des

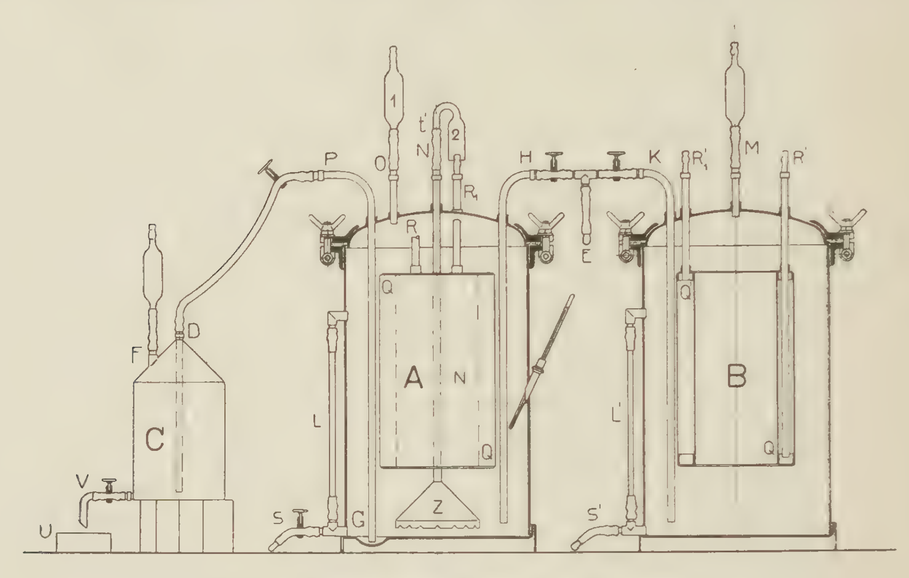


Fig. 20. Hefenreinzucht-Apparat von FERNBACH.

Dampfanschlusses bei *E*, wird der Dampf in die Flüssigkeit des Hefenerzeugers durch den Stutzen *N* geführt. Das betreffende Gefäß nebst der angeschlossenen Leitung ist als sterilisiert zu betrachten, wenn der Dampf an den Luftstutzen *F*, *M*, *O* einige Minuten in vollem Strahle entweicht. Dann werden die Leitungen und die Luftstutzen durch Schraubenklemmen abgesperrt, *F* und *O* mit einem geraden, *M* mit einem gebogenen Wattefilter versehen, die betreffenden Dampfanschlüsse abgenommen, *V* durch ein Kniestück mit Glasstöpsel, *E* durch Glasstöpsel und *N* durch Schraubenklemme abgeschlossen und die Absperrung der Luftstutzen aufgelöst. Das Kühlen erfolgt durch Wasserzuleitung in die Kühlvorrichtungen *Q* und *Q'*, welche mit den betreffenden Deckeln festgemacht und aus den Gefäßen gehoben werden.

Die Beimpfung geschieht durch Einführen einiger Tropfen der Hefenreinkultur durch den Stutzen *O*, welcher dann sofort wieder mit dem Wattefilter abgesperrt wird. Ungefähr 24—48 Stunden danach wird ein feiner Schaum an der Oberfläche der Nährflüssigkeit sichtbar, worauf zur Lüftung geschritten werden muß. Die filtrierte Preßluft wird bei *N* eingeführt, verteilt sich durch die Vorrichtung *Z* gleichmäßig in der Flüssigkeit und entweicht mit der entwickelten Kohlensäure durch einen in Wasserverschluß geführten, bei *O* angesetzten Kautschukschlauch. Die Art und die Zeitdauer des Lüftens hängt von der Art der Hefe ab und muß ausprobiert werden. Der Verlauf der Gärung wird durch Probenahme am Stutzen *S* verfolgt. Nach Beendigung der Gärung wird die Flüssigkeit durch 24 Stunden ruhig stehen gelassen, damit die Hefe sich absetze. Dann wird die klare Flüssigkeit durch eine bei *E* angebrachte Hebevorrichtung abgezogen, die zurückgebliebene

hefenreiche Flüssigkeit durch Preßluft aufgerührt, durch die Leitung *PD* in den Hefensammler hinübergedrückt und von da durch *V* bei geschlossenem *PD* abgelassen, um mit ihr die für den Selbstbedarf oder zum Versandt bestimmten Gefäße zu füllen. Alle nachfolgenden Operationen der Hefenvermehrung geschehen in der Weise, daß der Inhalt des Sterilisators *B* durch die Leitung *HK* (Absaugstutzen *O*) in den Hefenerzeuger *A* eingesogen und der Sterilisator mit heißer Nährflüssigkeit gefüllt und bei gesperrter Leitung *H* durch *EK* mittelst Kesseldampfes sterilisiert wird.

Jede Operation der Hefenvermehrung dauert 8—12 Tage, je nach der Art der Hefenrasse. Die Apparate haben als Laboratoriumsapparate einen Inhalt von 40—100 l. Die in den Spiritusbrennereien eingeführten Apparate haben einen festen gewölbten Oberboden und Unterboden. Die Kühlung ist als Außenberieselung des Mantels ausgebildet. Das erste Hefengut ist nach ungefähr 20 Stunden nach der Einführung der Reinhefe fertig, wird in einen gewöhnlichen, offenen Bottich größtenteils abgezogen und in üblicher Weise im Gärlokale als Vorgär weiter behandelt. Der Rest, ungefähr ein Fünftel, wird mit der sterilisierten Flüssigkeit des Gefäßes *B* gemischt, indem sie durch Preßluft vom Gefäß *B* in das Gefäß *A* übergedrückt wird. Nach weiteren 8 Stunden kann wieder ein neues Hefengut abgezogen und dies so lange wiederholt werden, als die Hefe sich rein erhält. Sobald man die Anwesenheit von Bakterien in der Nährflüssigkeit oder im Hefengut durch mikroskopische Kontrolle entdeckt hat, muß wieder mit Reinhefe beimpft werden. In der Praxis der Rübenbrennerei hat sich gezeigt, daß es genügt, die erste Impfung mit reiner geeigneter Hefenrasse vorzunehmen, um dann dieselbe mindestens eine ganze Kampagne hindurch unbeschadet fortpflanzen zu können. Die Größe und Anzahl der Apparate richtet sich nach der Zeitdauer der erforderlichen Entwicklung der betreffenden Hefenrasse, wobei jeder der eintägigen Bedarfsmenge an Mutterhefe entsprechen soll. Die Größe der Vorgärbottiche ist gleich dem zehnten bis zwanzigsten Teil des Hauptgärbottichs.

Der von M. Laub (1) konstruierte Apparat verfolgt den Zweck, eine durch wiederholte Verwendung im Betriebe stark mit Bakterien verunreinigte Hefe dadurch zu säubern, daß sie durch ein Gewebe filtriert und dabei gleichzeitig mit ozonisierter Luft gesättigt wird.

N. Bendixen (1) verbindet das Propagierungsgefäß derart mit einem Hefensammler, daß letzterer mittelst des in jenem entstehenden Gasdruckes mit einer bestimmten Menge Reinhefe selbsttätig gefüllt wird, um dann diese zur Impfung der neuen Füllung des Propagierungsgefäßes zu verwenden und somit eine kontinuierliche Vermehrung zu sichern. Das Propagierungsgefäß *A*, welches gleichzeitig als Gärzylinder und Sterilisator dient, ist ein zylindrischer Behälter (s. *Fig. 21*) mit einem bombierten, abnehmbaren, auf Schrauben befestigten Deckel und ebenem, angenietetem Unterboden, mit Rührwerk, innerer Dampf- und Kühlschlange und der normalen Armatur. Der Kohlensäure-Abführungshahn *h* steht mit dem nahe am Unterboden befindlichen Uebersteighahn *h'* durch eine Hebelvorrichtung *a*, *b*, *c* mit Gegengewichten *d* und *e*, welche mit einer seitlich am Hefensammler angebrachten Druckstange, die in eine verschiebbare Gabel *g* eingreift und durch das Senken oder Heben des Hefensammlers beeinflußt wird, derart in Verbindung, daß nur der eine von den beiden Hähnen *h* und *h'* geöffnet werden kann, wobei der andere geschlossen werden muß. Der Hefen-

sammler *B* ist ebenfalls zylindrisch, mit normaler Armatur ohne Rührwerk und mit Luft- und Heizschlange versehen und an dem einen Arme des Hebels *k* aufgehängt und durch das verschiebbare Gewicht *i* des anderen Armes dieses Hebels ausbalanciert. Das Ganze ist an einem 5 Ständer *s* drehbar angeordnet und wird durch die am Unterboden des

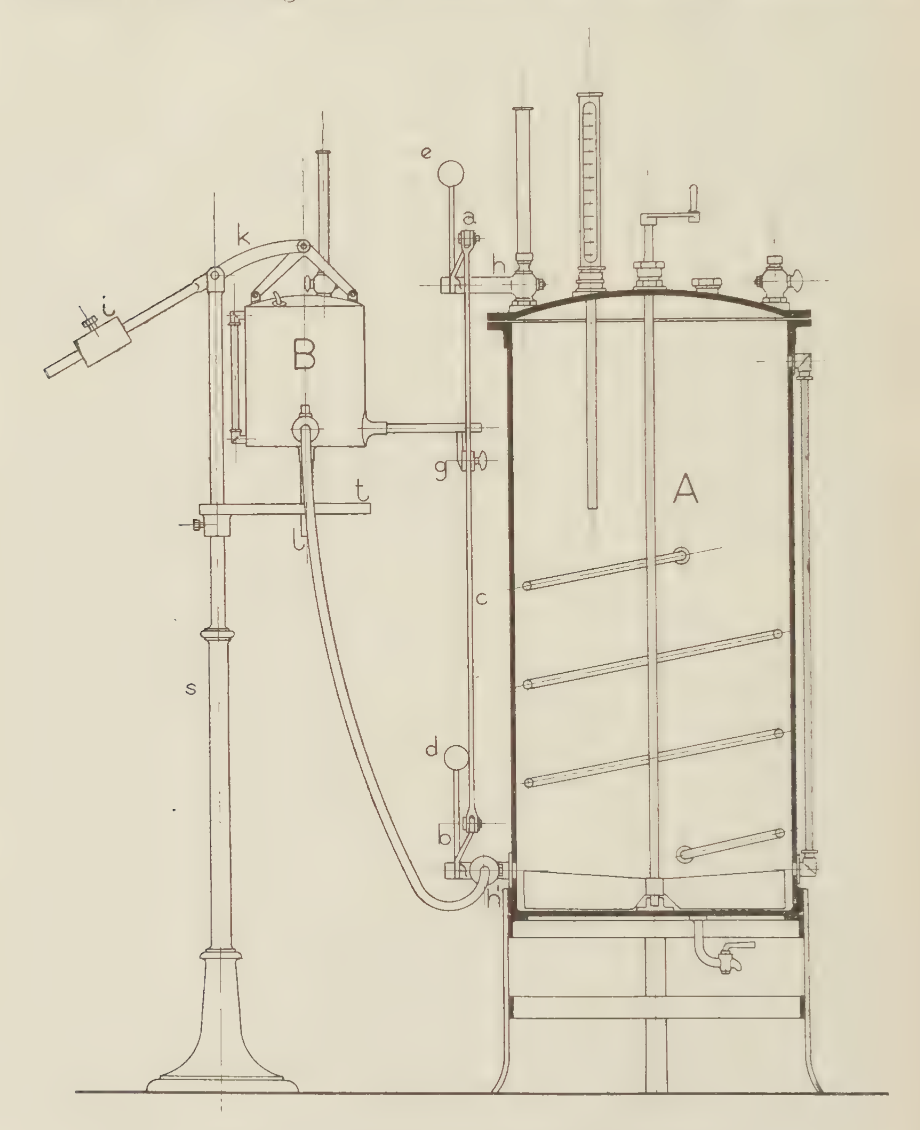


Fig. 21. Hefenreinzucht-Apparat von Bendixen.

Gefäßes *B* angebrachte und in der entsprechenden Oeffnung des verstellbaren Tisches *t* laufende Führungsstange *l* geführt. Nach entsprechender Sterilisation der ganzen Apparatur wird im Behälter *A* eine Gärung hervorgerufen und der leere Behälter *B* in seine höchste 10 Stellung gehoben, wobei durch den Hebelmechanismus der Hahn *h* ge-

schlossen und der Hahn h' offen gehalten wird. Die während der Gärung in A entwickelte Kohlensäure drückt nun gärende Flüssigkeit durch den Schlauch in den Hefensammler B hinüber, bis dessen Gewicht so groß wird, daß es imstande ist, den Widerstand der Gegengewichte zu überwinden. Der Behälter B sinkt alsdann herab und beeinflußt durch den Hebelmechanismus die Hähne h und h' derart, daß der Hahn h' geschlossen und Hahn h geöffnet wird und durch letzteren die Kohlensäure aus dem Behälter A entweicht. Hiernach wird die in demselben erzeugte Hefe ihrem Zwecke zugeführt, der Behälter mit frischer Nährflüssigkeit beschickt und durch Umstellung des Hebelmechanismus mit der im Hefensammler in absolut reinem Zustande aufbewahrten Reinhefe angestellt.

E. Barbet (1) wendet sein Augenmerk der Lüftung zu und führt die Luft nicht in die Nährflüssigkeit selbst, sondern läßt sie auf die Oberfläche einer sehr dünnen Flüssigkeitsschicht wirken. Der Apparat, welcher sowohl für die große Praxis als auch für Laboratoriumzwecke ausgebildet ist, besteht (s. *Fig. 22*) aus dem Autoklaven bezw. Propagierungsapparat P und dem Flüssigkeitsverteiler C. Der Autoklav P ist ein zylindrisches, vertikales Gefäß aus Kupfer oder Eisen, in dessen oberem Teile eine Anzahl (4—7) horizontaler Kupferplatten A angebracht sind, welche mit einem kurzen, gezahnten, abwechselnd angeordneten und als Ueberlauf dienenden Rande a versehen sind, wodurch sie mit etwa 20 mm hoher Schicht bedeckt bleiben und die Flüssigkeit gezwungen ist, die freie Länge der Platten ganz zu durchlaufen, bevor sie in die im unteren Raume des Autoklaven gehaltene Hauptmenge gelangt. Die Reinigung der Platten erfolgt durch Wasserstrahl bei entnommenem Entleerungspfropfen c und abgeschraubtem Fenster B. Der Verteiler C dient zum kontinuierlichen Heben der in Gärung befindlichen Flüssigkeit vom Boden des Apparates P auf die Lüftungsplatten A, wobei diese Flüssigkeit je nach Bedarf abgekühlt oder erhitzt werden kann. Der Verteiler besteht aus einem Bündel von Kupferrohren von geringem Durchmesser (ca. 15 mm) und ziemlicher Länge, in welche unten durch die Leitung D sterilisierte Luft eingeführt wird, um durch Bildung von Luftblasen, welche den ganzen inneren Durchmesser der Rohre einnehmen, eine Aufwärtsbewegung der Flüssigkeit zu bewirken. Nachdem der Propagierungsapparat P gut gereinigt und durch Dampf unter schwachem Druck sterilisiert worden ist, wird er in einigen aufeinanderfolgenden Chargen mit der außerhalb des Apparates bereiteten, verzuckerten, gesäuerten, sterilisierten und entsprechend abgekühlten Nährflüssigkeit beschickt. Nachdem diese durch den Stutzen M hindurch beimpft worden ist, wird sie durch die Luftzuführung D kontinuierlich vom Boden des Apparates P durch den Verteiler C auf die Lüftungsplatten A befördert. Die mit der Flüssigkeit aufgestiegene Luft bewegt sich parallel zu derselben von Platte zu Platte herabsteigend, um bei E, als vollkommen ausgenützt, mit der Kohlensäure gleichzeitig zu entweichen. Hahn F dient zur Zuführung von warmem oder kaltem Wasser, um die nötige Temperatur der Flüssigkeit einhalten zu können. Die Hefenmaische wird durch den Ablaßhahn H zum Gärlokal geführt. Durch die Leitung L kann in die gärende Flüssigkeit im Unterteile des Gefäßes P sterile Luft eingeleitet und durch den Stutzen N indirekt mit Wasserdampf angewärmt werden. Der Apparat ist so groß zu wählen, daß in ihm die in 24 Stunden nötige Menge von Hefenmaische in 3—4 Chargen erzeugt werden kann, und daß jede von

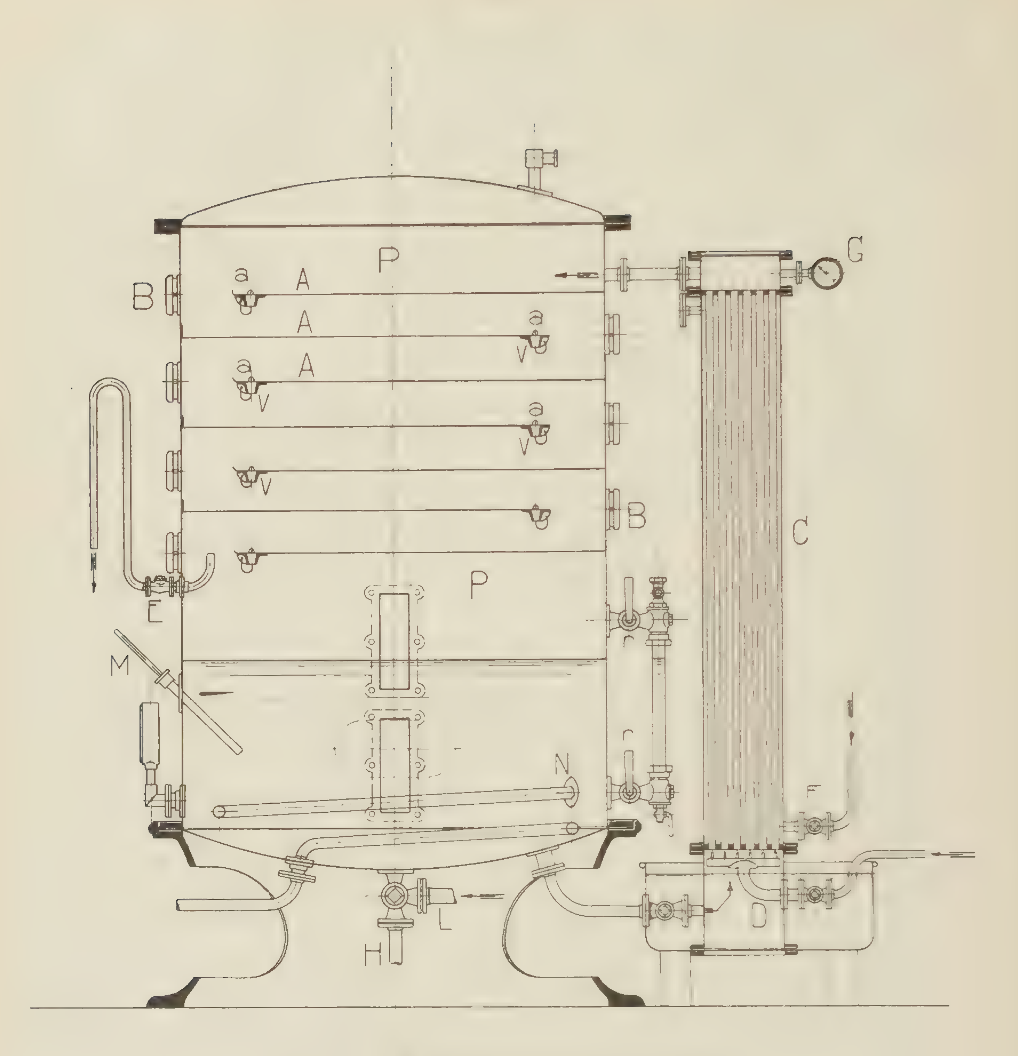


Fig. 22. Hefenreinzucht-Apparat von Barbet.

diesen Chargen als Mutterhefe für die nächste Hefenmaische benützt werden kann, so daß der Apparat, wenn er einmal durch eingeführte Reinkultur in Gang gebracht worden ist, monatelang dem Gärlokale die nötigen Mengen von Reinhefe liefert.

5 E. Guillaume (1) benützt in den Rübenbrennereien einen für die aseptische Arbeit entsprechend ausgeführten, mit Dampfheizung, Lüftung und Außenberieselung versehenen großen Propagierungsapparat, der als gemeinschaftlicher, kontinuierlich arbeitender Vorgärbottich (cuve nourrice) dient und welchen sämtliche, in einem separaten Sterilisator durch indi-10 rekte Dampfheizung sterilisierten und in einem Kühler entsprechend abgekühlten Rübensäfte passieren müssen, um hier bis zu einem unverändert eingehaltenen Grade zu vergären und dann erst zur Endgärung in die eigentlichen Gärbottiche zu gelangen. Zur ersten Befüllung dieses

großen Apparates mit Reinhefe dient ein kleiner normaler Reinzuchtapparat mit Oberboden im Wasserverschluß und innerer Dampf- bezw. Luftschlange, welcher mit Reinhefe beimpft wird, die bei ununterbrochener Lüftung des darin sterilisierten und durch Außenberieselung abgekühlten Rübensaftes bei abgehobenem Deckel eingeführt wurde, um den auf 3—4-mal mit sterilisiertem Rübensaft vollzufüllenden Vorgärbottich mit der nötigen Hefenmenge zu versorgen. Der Vorgärbottich wird erst am Schlusse der Kampagne zur vollständigen Vergärung der darin enthaltenen Saftmenge gebracht und dann an den Destillierapparat direkt angeschlossen.

§ 72. Das Reinhefenverfahren in der Melassenbrennerei.

Die bei der Rübenzuckerfabrikation entstehende Melasse wird hauptsächlich auf Spiritus und die resultierende Schlempe auf Pottasche und andere Salze verarbeitet. Der billige Preis der Melasse, für welche man in früheren Jahren keine andere Verwendung hatte, wie auch die in mancher Hinsicht außerordentlich bequeme Verarbeitung der Melasse auf Spiritus, die einfach mit Wasser verdünnt unter Anwendung von Bierhefe zur Vergärung gebracht werden konnte, und schließlich die in verschiedenen Ländern für den Melassenbrenner sehr vorteilhaften Steuergesetze brachten es mit sich, daß diese Brennereien sich entwickeln und zu einer Großindustrie emporblühen konnten.

Wenn die Verarbeitung der Melasse auf Spiritus durch deren sirupartige Beschaffenheit auch erleichtert wird, so bietet doch deren chemische Zusammensetzung dem Gärungstechniker kein allzu erfreuliches Bild; auch die Behandlung und Aufbewahrung der Melasse seitens der Zuckerfabriken, welche die Melasse als ein lästiges Abfallprodukt ansehen, und häufig auch eine mangelhafte Sorgfalt der Melassenbrenner selbst üben nur zu oft eine ungünstige Wirkung auf die Melasse in bezug auf ihre Verarbeitung auf Spiritus aus. Eine Sterilisierung der unverdünnten Melasse durch längeres Kochen ist wegen der Gefahr der Caramelisierung nicht zu empfehlen. Die (verdünnten) Melassenmaischen selbst zu sterilisieren, würde zu teuer kommen. Man begnügt sich daher in vielen Brennereien damit, die mit Wasser etwas verdünnte und schwach angesäuerte Melasse auf 90—94° C zu erwärmen oder aber leicht vergärbare Melasse direkt zu verarbeiten. Das Erwärmen der Melasse auf 90—94° C und Stehenlassen derselben darauf während 24 Stunden hat sich in der Praxis gut bewährt. Man hat beobachtet, daß die Melasse während dieser Zeit nicht unbeträchtliche Mengen von schlammartigen Stoffen ausscheidet und daß die von diesen Stoffen befreite Melasse leichter vergärt.

Der hohe Salzgehalt der Melassen (s. Bd. IV, S. 89) wirkt hemmend auf die Vergärung ein, und osmosierte Melassen sind wegen des hohen Salzgehaltes zuweilen überhaupt nicht zur Vergärung zu bringen; vergl. Bauer (1). Man verarbeitet daher die osmosierten Melassen zumeist nicht allein, sondern vermischt sie mit gewöhnlichen Melassen mit geringerem Salzgehalt. Je größer der Salzgehalt einer Melasse ist, um so weniger Volumprozente Alkohol können, selbst bei rationeller Arbeitsweise, in den vergorenen Maischen erzielt werden. Das ist dem Melassenbrenner gut bekannt, und er bemüht sich, diesem Umstand Rechnung zu tragen. Aus diesem Grunde ist man auch von der Neutralisation

der (schwach alkalisch reagierenden) Melasse mit (saurer) Schlempe zumeist abgekommen und man neutralisiert jetzt fast allgemein die Melasse mit Schwefelsäure. Zwar fällt dadurch die Schlempekohle etwas ärmer an kohlensaurem Kali aus, aber dieser Nachteil wird durch die 5 leichtere Vergärbarkeit und den höheren Alkoholgehalt jener vergorenen Maischen, welche mit Schwefelsäure statt mit Schlempe neutralisiert waren, reichlich aufgewogen. Dem Melassenbrenner erscheint ein Gehalt von 7—9 Proz. Salzen in der Melasse für wünschenswert, weil der Erlös für diese Salze in der Form von Schlempekohle oder Pottasche etc. 10 im Durchschnitt ca. ein Drittel des Betrages ausmacht, den die gesamte Melasse kostet, und er ist zufrieden, wenn die vergorenen Maischen einen Alkoholgehalt von 7,5—8 Vol.-Proz. aufweisen; ein höherer Alkoholgehalt ist nur bei sehr leicht vergärbaren Melassen zu erreichen.

Schon oben war von den Steuergesetzen einzelner Länder die Rede; 15 diese haben auf die Arbeitsweise in den Melassenbrennereien einen großen Einfluß gehabt, und namentlich war es die Maischraumsteuer mit oder ohne Einhalten einer festgesetzten Gärzeit, welche den Melassenbrenner veranlaßte, weniger nach einer rationellen Ausnützung des Rohmaterials als nach der des versteuerten Maischraumes zu streben. In Oesterreich 20 bestand bis zum Jahre 1888 die Maischraumsteuer ohne Einhalten einer bestimmten Gärdauer. Mit großen Mengen von Bierhefe war man imstande, in 6—10 Stunden die Hauptbottiche vergären zu lassen. Man erzielte zufolge Prüfer (1) auf diese Weise vergorene Maischen mit einem Alkoholgehalt von nur 4—5 Vol.-Proz.

25 Bei einer Maischraumsteuer mit vorgeschriebener Gärzeit war man dagegen bestrebt, vergorene Maischen mit hohem Alkoholgehalt zu erzielen. Sorel (1) beschreibt die Arbeitsweise in einer belgischen Brennerei, wo bei 24-stündiger Gärzeit die vergorenen Maischen einen Alkoholgehalt von 11—12 Vol.-Proz. hatten. Beide Arten der Schnell- 30 gärung können nur durch Verwendung großer Mengen von Hefe vor sich gehen. Man bediente sich zumeist der leicht erhältlichen Bierhefe, welche in jedem gewünschten Quantum zur Verfügung stand (vergl. S. 122).

Die durch die Melassenbrennereien bezogene Bierhefe befindet sich aber im ruhenden Zustand, und während man sie in einem Vorgär- oder 35 Hauptbottich angären läßt, ist die Gefahr einer Infektion der Maischen groß. Auch der Verbrauch an Zucker (s. Bd. IV, S. 96) für so große Quantitäten Hefe ist ein beträchtlicher und vermindert die Alkoholausbeute. Die schwerere Vergärbarkeit der Melasse gegenüber Maischen aus anderen Rohmaterialien, wie Getreide, Kartoffeln etc., bringt es mit 40 sich, daß überhaupt eine verhältnismäßig hohe Hefenaussaat gegeben werden muß. Früher bediente man sich ausschließlich der Bierhefe, später bereitete man eine Kunsthefe, die allein oder auch unter Zugabe von Bierhefe in Verwendung kam; diesbezügliche Arbeitsmethoden, welche heute noch in Melassenbrennereien ausgeübt werden, haben 45 Heinzelmann (3) und Haug (1) beschrieben. Die Kunsthefe wird in einer mit Schwefelsäure verzuckerten Maismaische oder auch in einem Malzauszug oder in Melassenmaischen herangezüchtet, denen als Hefennährmittel Kleie oder dergl., oder Nährpräparate aus Bierhefe nach Bauer (2) und nach Kues (1) zugesetzt worden sind. Effront (1) emp- 50 fiehlt, bei Bereitung der Kunsthefe in Melassenbrennereien zur Vermeidung von Infektionen einen Zusatz von Flußsäure oder deren Salzen oder von Harzsäuren und Harzseifen. Bemerkenswert ist der geringe Gehalt der Melasse an Phosphorsäure; man ist daher genötigt, wenn

die Hefe in einer Melassenmaische bereitet werden soll, diesem Umstand Rechnung zu tragen. Man hilft sich durch einen Zusatz von phosphorsauren Salzen; vergl. Bd. IV, S. 86.

Das Vorkommen von Nitraten in der Melasse gibt zuweilen Anlaß zu Störungen im Gärlokal der Melassenbrennereien. Näheres über diese sogen. Salpetergärung findet man auf S. 184 des III. Bandes und auf S. 101 des IV. Bandes. Zum Glück treten diese Störungen selten auf und verschwinden zumeist sehr bald wieder. In solchen wie in fast allen anderen Fällen, wenn Störungen im Gärlokal eintreten, welche nicht auf eine mangelhafte Hefenführung oder eine mangelhafte Reinlichkeit zurückzuführen sind, können diese dadurch behoben werden, daß die zur Verarbeitung kommende Melasse stärker angesäuert und längere Zeit gekocht wird; vergl. Czeczetka (1), Heinzelmann (1), Bau (1). Das Auftreten von Schwefelwasserstoff im Gärlokal der Melassenbrennerei, das auf Reduktion von Calciumsulfat und Magnesiumsulfat zurückgeführt wird (s. Bd. IV, S. 87), ist eine seltene Erscheinung und verschwindet zumeist auch bald wieder; es empfiehlt sich, in solchen Fällen eine neue Hefe in den Betrieb einzuführen.

Die Anwesenheit größerer Mengen von Raffinose kann nach Jesser (1) und Bau (2) ebenfalls nachteilig auf die Vergärung der Melasse einwirken (vergl. 19. Kap. d. IV. Bds.). Gegen eine auf solcher Ursache beruhende Schwergärigkeit gibt es nur das eine Mittel, Melasse mit hohem Raffinosegehalt nicht allein zu verarbeiten, sondern mit Melassen mit niedrigem Raffinosegehalt zu vermischen.

Die **Schwergärigkeit** der Melassen kann nach Neale (1) und Maercker (1) auch auf die Anwesenheit von Spaltpilzen und deren Stoffablagerungen zurückzuführen sein. Diese beiden Forscher untersuchten eine schwergärige Melasse, welche überhaupt nicht zur Gärung zu bringen war und welche erst durch längeres Kochen unter Zusatz von Schwefelsäure die Schwergärigkeit verlor. Sie konstatierten die Anwesenheit von Ameisensäure und Buttersäure in dieser Melasse und wiesen deren gärungshemmende Wirkung nach; Näheres darüber im folgenden (11.) Kapitel. Die gärungshemmende Wirkung der Buttersäure war so stark, daß eine Melassenmaische mit 0,1 Proz. Buttersäuregehalt überhaupt nicht in Gärung gebracht werden konnte. Effront (2) fand in schwer vergärbaren Melassen Bakterien in Stäbchenform, welche untereinander durch eine klebrige Substanz verbunden waren und welche auch durch Aufkochen der mit Schwefelsäure angesäuerten Melasse nicht abgetötet oder hinreichend geschwächt wurden. Er führt diese Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen auf die klebrige Umhüllung, welche die Bakterien umgibt, zurück; ihm zufolge reichen die gewöhnlichen Antiseptika in jenen Mengen, welche die gleichfalls anwesende Hefe noch nicht schädigen, zur Abtötung jener Bakterien nicht aus. Effront empfiehlt, letztere durch einen Zusatz von Substanzen wie Tannin, Tonerdehydrat oder dergl. gewissermaßen auszufällen. Schon früher war Mejer (1) ein Verfahren patentiert worden, Maischen durch Zusatz von voluminösen Substanzen von Bakterien zu befreien. Auch das de Cuyper (1) patentierte Verfahren zur Vergärung von Melasse unter Benutzung von Torf scheint hauptsächlich den Zweck zu haben, die Bakterien aus der Melassenmaische durch den Torf zu entfernen. Diese Ausfällungsmethoden haben indessen keinen weiteren Eingang in

die Praxis gefunden oder sind dort, wo man mit ihnen gearbeitet hat, zumeist wieder aufgelassen worden. Ueber das Auftreten des sogen. Froschlaichpilzes (*Leuconostoc mesenterioides*, vergl. 24. Kap. d. IV. Bds.) in Melassenbrennereien berichtet BAUER (3); eine weitere Angabe darüber findet man auf S. 311 des vorliegenden Bandes.

Eine wesentliche Verbesserung und Vereinfachung im Betriebe verdanken die Melassenbrenner dem französischen Chemiker G. JACQUEMIN (1), welcher zu Anfang der neunziger Jahre (s. S. 270) des vorigen Jahrhunderts das **Reinhefenverfahren** in die Melassenbrennereien einführte. Die Prinzipien der Hefenreinzucht und die Anwendung des Reinzuchtsystems in der Brennerei sind in dem vorausgehenden § 69 dieses Kapitels gekennzeichnet worden. Die dort beschriebenen allgemeinen Prinzipien haben auch für das Reinhefenverfahren in Melassenbrennereien Geltung. JACQUEMIN züchtete Reinhefen aus dem Trub südländischer Weine; denn er erkannte, daß diese Weinhefen, welche an hohe Temperaturen von Natur aus gewöhnt waren, sich zur Vergärung von Melassenmaischen vorzüglich eignen. Diese reingezüchteten Weinhefen werden im Betriebe in kupfernen Reinzuchtapparaten kontinuierlich in sterilisierter Melassenmaische weitergezüchtet. Der JACQUEMIN'sche Reinzuchtapparat und ähnliche Reinzuchtapparate von BARBET (1), FERNBACH (1 und GUILLAUME (1) sind in den §§ 70 und 71 dieses Kapitels näher beschrieben. Das Prinzip der Arbeitsweise in diesen Apparaten und des Reinhefenverfahrens überhaupt ist das gleiche. In den Apparaten wird kontinuierlich die Reinhefe in sterilisierter Maische weitergezüchtet, indem ein Teil der gezüchteten Reinhefe in entsprechenden Vorgären für den Betrieb weiter vermehrt wird. JACQUEMIN bedient sich, wie KUES (2) beschreibt, einer der Größe des Betriebes angepaßten Anzahl kleinerer und größerer, mit Dampf- und Luftleitung versehener Apparate aus Kupfer. Die kleineren Apparate haben einen Inhalt von 1.5—2,5 hl, die größeren von 15—20 hl. Die Apparate sind untereinander durch eine Rohrleitung verbunden. In den kleineren Apparaten (E und E' der Figur 19 auf S. 272) wird die Reinhefe kontinuierlich weitergezüchtet, während die Arbeit in den größeren Apparaten (F und F') bereits als eine Art Vorgärung in sterilisierter Maische anzusehen ist. Ein kleiner Apparat wird bis zu zwei Dritteln mit verdünnter Melasse von 17—18 Proz. Balling und einer Acidität entsprechend 4.5—5 ccm Normalsäure beschickt. Als Hefennährmittel wird ein Extrakt aus Malzkeimen oder aber eine mit Schwefelsäure verzuckerte Maismaische hinzugegeben, und das Ganze wird in dem geschlossenen Kupferapparat während 10 Minuten sterilisiert. Darauf wird durch Einleiten von steriler Luft und Wasserberieselung auf die Anstelltemperatur von 29° C abgekühlt und die Reinhefe aus einem Glasballon (Pasteurkolben) eingeführt. In ca. 10 Stunden ist die Hefenmaische unter fortgesetztem Einleiten von steriler Luft und Einhalten der Temperatur von 29° C auf die Hälfte vergoren. Inzwischen hat man einen zweiten kleinen Kupferapparat in derselben Weise bemaischt, sterilisiert und abgekühlt, welcher mit der reifen Hefenmaische aus dem ersten Kupferapparat in der Weise beimpft wird, daß man aus ihm ca. 30—40 l durch schwachen Luftdruck in den zweiten bemaischten Kupferapparat überführt. Inzwischen ist auch ein größerer Kupferapparat genau so wie ein kleiner mit sterilisierter Maische vorbereitet worden, und es wird nun der Rest der reifen Hefenmaische aus dem ersten kleinen Apparat durch schwachen Luftdruck in den größeren Apparat gebracht. In den

kleineren Apparaten wird die Mutterhefe in der beschriebenen Weise kontinuierlich weitergeführt, indem mit einem Teile der reifen Hefenmaische des einen Apparates immer die sterilisierte und abgekühlte Maische des anderen Apparates beimpft wird. In den großen Apparaten ist die Hefenmaische in 10 Stunden ebenfalls auf ungefähr die Hälfte vergoren, und es wird dann der ganze Inhalt eines großen Kupferapparates in einen offenen hölzernen Vorgärbottich abgelassen, welcher mit verdünnter Melasse von 15 Proz. Balling und einer Acidität entsprechend 4,5—5 ccm Normalsäure auf 100 ccm aufgefüllt wird. Auch dieser hölzerne Vorgärbottich ist mit einer Lüftungsvorrichtung versehen, und es wird auch hier während der ganzen Gärdauer schwach gelüftet; Näheres darüber auf S. 274. Die Hauptmaischen haben je nach der Beschaffenheit der zur Verarbeitung kommenden Melasse 20—22 Proz. Balling und sind mit Schwefelsäure ganz schwach angesäuert. Die Vergärung im Hauptbottich dauert 38—40 Stunden, die Endtemperatur beträgt 32—35° C und die Säurezunahme durchschnittlich 1,5 ccm Normalsäure auf 100 ccm. Die vergorenen Maischen haben einen Alkoholgehalt von 7,5—8 Vol.-Proz. Vergärbarer Restzucker ist in den vergorenen Maischen in der Regel nicht vorhanden; nach der gewichtsanalytischen Bestimmung mit FEHLING'scher Lösung wird zwar gewöhnlich ein Quantum Kupfer reduziert, welches ca. 0,1—0,2 g Restzucker pro 100 ccm vergorener Maische entsprechen würde, doch liegen hier offenbar andere, gleichfalls FEHLING'sche Lösung reduzierende Stoffe vor. Die Ausbeuten an Spiritus betragen im Jahresdurchschnitt etwas über 62 l hundertprozentigen Alkohols aus 100 kg Zucker in der Melasse, bestimmt nach CLERGET.

Die früher so gefürchtete Schwergärigkeit von Melassen wird bei dem Reinhefenverfahren weniger empfunden. Ein Erwärmen oder Aufkochen der Melasse findet in manchen Betrieben nur in Ausnahmefällen noch statt, und man ist bestrebt, minder gut vergärbare Melassen mit leichter vergärbaren zu vermischen. Es scheint demnach, daß die Störungen im Gärlokal einer Melassenbrennerei, welche man in früheren Jahren auf die Schwergärigkeit der Melasse zurückzuführen nur allzu geneigt war, auch oft ihre Ursachen in einer schlechten Hefenführung oder mangelhaften Reinlichkeit hatten. Das Reinhefenverfahren bietet dem Melassenbrenner eine einfache und sichere Arbeitsweise, ferner eine wesentlich höhere Spiritusausbeute, als nach den meisten früheren Verfahren erzielt wurde, und ferner sind die Kosten für die Hefe wesentlich geringer. Die Qualität des Spiritus ist eine vortreffliche. Während früher der Melassenspiritus allgemein als minderwertig angesehen wurde, wird heute nach dem Reinhefenverfahren in Verbindung mit den verbesserten Rektifizierapparaten eine Ware gewonnen, welche den strengsten Anforderungen an die Qualität des Spiritus, z. B. denen der Schweizer Monopolverwaltung, entspricht.

Literatur

zum Kapitel Reinhefe und Reinzuchtsystem in der Brennerei und in der Preßhefen-Fabrikation.

*Barbet, Emil, (1) D.R.P. 112172. *Bau, Arm., (1) Z. f. Spiridusindustrie, 1890, Bd. 13, S. 41. — (2) Ebenda, 1898, Bd. 21, S. 241. *Bauer, Emil, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1885, Bd. 8, S. 538. — (2) Ebenda, 1901, Bd 24, S. 362. — (3) Deutsche Zeitschrift f. Zuckerfabrikation, Bd. 32, S. 883. *Beijerinck, M. W., (1) Verhandl. Koninkl. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam, Sekt. II, Deel I, Nr. 10, S. 51; ref.

in Centralbl. f. Bakt., 1894, Bd. 15, S. 171. — (2) Archives néerland. des sciences exactes et nat., 1901; ref. in Z. f. Spiritusindustrie, 1902, Bd. 25, S. 531. ***Beijerinck** und **Goslings,** (1) Verhandl. Koninkl. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam, 1905. ***Bendixen,** Niels, (1) D.R.P. 100873. ***Brauer** und **Neumann,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1902, Bd. 25, S. 491. ***Cuyper, de,** (1) D.R.P. 88546. ***Czeczetka,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1887, Bd. 10, S. 253. ***Dejonghe,** Gaston, (1) Fabrication de l'alcool et des levures, Paris 1891. ***Delbrück,** Max, (1) W. f. Brauerei, 1895, Bd. 12, S. 66. — (2) Ebenda, S. 67. — (3) Z. f. Spiritusindustrie, 1890, Ergänzungsheft, S. 37. — (4) Ebenda, 1895, Ergänzungsheft, S. 26. ***Durst,** Otto, (1) Handbuch d Preßhefe-Fabrikation, 2. Aufl., Berlin 1896, S. 417. ***Effront,** Jean, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1903, Bd. 26, S. 506. — (2) Ebenda, 1894, Bd. 17, S 86. ***Fernbach,** A., (1) Französ Patent 207801. ***Guillaume,** E., (1) Französ. Patent 288270. ***Haug,** (1) Z f. Spiritusindustrie, 1902, Bd. 25, S. 311. ***Heinzelmann,** G., (1) Z. f Spiritusindustrie. 1899, Bd. 12, S. 246. — (2) Ebenda, 1892, Bd. 15, S. 199 u. 223. — (3) Ebenda, S. 209. ***Henneberg,** W., (1) Jahrbuch d. Versuchsstation d. Deutschen Spiritusfabrikanten in Berlin. 1905, S. 337. ***Jacquemin,** Georg, (1) Les levures pures de vin en distillerie. Paris 1893. — (2) La levure pure en distillerie. Nancy 1898. — (3) La levure pure de vin en distillerie agricole. Arras 1899. — (4) Les fermentations rationelles. Paris 1900. ***Jatschewski,** (1) Russki Wratsch, 1905, S. 403. ***Jesser,** J. (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1890, Bd. 13, S. 41. ***Kues,** W., (1) Oesterr. Patent 14061. — (2) Oesterr. Zeitschrift f. Zuckerindustrie, 1904. ***Laub,** Marcus, (1) D.R.P. 91140. ***Lermer,** (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1902, Bd. 25, S. 165. ***Lindner,** Paul, (1) Die Sarcinaorganismen d. Gärungsgewerbe. Dissert., Berlin 1888. — (2) W. f. Brauerei, 1892, Bd. 9, S. 623. — (3) Ebenda, 1896, Bd. 13, S. 552. — (4) Ebenda, 1900, Bd. 17, S. 746. — (5) Ebenda, 1894, Bd. 11, S. 1321. — (6) Z. f. Spiritusindustrie, 1890, Ergänzgsheft, S. 29 u. 30. — (7) Ebenda, 1904, Bd. 27, S. 225. — (8) Ebenda, 1905, Bd. 28, S. 435. — (9) Mikroskop. Betriebskontrolle in d. Gärungsgewerben, 1. Aufl., Berlin 1895, S. 237. — (10) Desgl., 4. Aufl., Berlin 1905, S. 443 u. 449. ***Maercker,** Max, (1) Z. f. Spiritusindustrie. 1881. Bd. 4, S. 114. ***Mejer,** (1) D R.P. 34093. ***Neale,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1879, Bd. 2, S. 281. ***Prüfer,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1878. Bd. 1, S. 723. ***Rothenbach,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1896, Bd. 19, S. 58. ***Schukow,** J., (1) W. f. Brauerei. 1896, Bd. 13, S. 302. ***Somlo,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1904, Bd. 27, S. 186 u. 238. ***Sorel,** (1) Journal de la distillerie française, 1897, S. 360. ***Stenglein** und **Höller,** (1) Alkohol, 1893, Nr. 19. ***Zeidler,** A., (1) W. f. Brauerei, 1890, Bd. 7, S. 1213.

(*Manuskript-Einlauf: 17. Jan. 1906.*)

11. Kapitel.

Die Säuerung des Hefengutes der Brennereien und die Bewahrung des Verlaufes der Gärung der Maischen vor Störung durch Fremdkeime.

Von Karl Kruis,
o. Professor an der k. k. böhm. Techn. Hochschule zu Prag.

§ 73. Das Wesen und die Entwicklung des Säuerungsverfahrens.

In Brennereien, welche Kartoffeln und Getreide verarbeiten, zum Teile auch in Melassenbrennereien und Preßhefenfabriken wird seit langem als Gärmittel die sogen. Kunsthefe benützt, von deren Beschaffenheit das Gesamtergebnis der Arbeit dieser Produktionsstätten in erster Reihe abhängt. Den wichtigsten Abschnitt der Kunsthefenbereitung bildet wieder die Säuerung, das ist jener Vorgang, durch welchen im Hefennährboden (Hefenmaische oder Hefengut genannt) vor dem Zusetzen von Hefenzellen ein bestimmter Säuregrad erreicht wird. Zur Vergärung ihrer Maischen benützten die Brennereien ursprünglich

die von den Brauereien abfallende Bierhefe (s. S. 122). Der zeitweise Mangel und der hohe Preis der Bierhefe veranlaßte die Brenner schon vor nahezu zwei Jahrhunderten, darüber nachzusinnen, wie sie das Gärmittel selbst zu erzeugen imstande wären; vergl. Delbrück und Schrohe (1). Dies gelang zunächst durch die Abscheidung der beim Getreidebrennen sich bildenden Hefe. Später wurde auch diese sogen. Preß- oder Pfundhefe durch das Ueberhandnehmen von Kartoffelbrennereien am Markte immer seltener, und man sah sich deswegen um so mehr veranlaßt, sich mit der Bereitung der Kunsthefe zu befassen; vergl. Lüdersdorff (1). Erst nach und nach wurden die Regeln der Kunsthefenbereitung durch sorgfältige Beobachtung und langjährige Erfahrungen sichergestellt.

Zum besseren Verständnis der weiter unten folgenden Ausführungen sei hier vor allem der Vorgang der *Kunsthefenerzeugung*, wie sie in den meisten Brennereien geübt wird, in aller Kürze gekennzeichnet. Man bereitet zunächst einen konzentrierten Hefennährboden aus Grünmalz, das zum Teile durch ein billigeres Rohmaterial (z. B. Kartoffel- oder Getreide-Hauptmaische) ersetzt wird, indem man die vorher genügend zerkleinerten Rohmaterialien in der nötigen Wassermenge tüchtig verrührt und dann allmählich auf die Maischtemperatur (Verzuckerungstemperatur), das ist 63—65° C, erwärmt. Zwecks guter Verzuckerung läßt man die Maische nun eine bis zwei Stunden bei diesem Temperaturgrad in bedecktem Gefäße stehen, worauf die so erzielte süße Hefenmaische nun der Säuerung unterworfen wird. Diese letztere ist eine spontane Milchsäuregärung, an welcher sich die mit dem Grünmalze eingebrachten, wie auch die dem Säuerungsgefäße anhaftenden und die mit der Luft und auf andere Weise eindringenden Keime beteiligen, und deren günstiger Verlauf gegenwärtig vielfach dadurch unterstützt wird, daß zu Beginn der Kampagne in die erste Hefenmaische die Reinkultur eines geeigneten Milchsäurebazillus eingesät wird und die weiter folgenden Hefenmaischen immer mit einer (als *Muttersäure* bezeichneten) geringen Menge der vorhergehenden gesäuerten Hefenmaische beimpft werden. Man läßt bei einer relativ hohen Temperatur (50—53° C) säuern und wärmt dann auf 75° C an, wodurch eine Abtötung der Milchsäurebakterien angestrebt wird, oder kühlt gleich rasch ab, sobald der gewünschte Säuregrad eben erreicht worden ist. Dann werden Hefenzellen eingesät. Ist ein bestimmter Vergärungsgrad erreicht worden, so wird ein Teil dieser Kunsthefe abgenommen, so rasch als möglich tief abgekühlt und als *Mutterhefe* zur Angärung der nächsten Hefenmaische verwendet, während mit dem Hauptanteil der Kunsthefe die Hauptmaische in Gärung versetzt wird. Zu Beginn der Kampagne, oder wenn die Beschaffenheit der Mutterhefe nicht entspricht, wird die Gärung durch Preßhefe, jetzt vielfach durch die Reinkultur einer entsprechenden Hefenrasse (s. S. 266) eingeleitet. Man verwendet in diesem Falle pro 100 l Hefenmaische 1 kg Preßhefe, welche in mäßig lauwarmem Wasser gut zerteilt wird; der Zusatz zum Hefengut erfolgt, sobald die Hefe sich „hebt", das heißt, Anzeichen der Gärung sichtbar werden.

In den ältesten durch die Literatur übermittelten Vorschriften zur Kunsthefenbereitung wird die *Säuerung* nicht angeführt. Erst später machte man die Beobachtung, daß die Kunsthefe besser wirkt, wenn die Hefenmaische nicht, wie bis dahin geschehen, unmittelbar nach dem Maischen abgekühlt und mit Hefe versetzt wird, sondern wenn man sie einer langsamen, freiwilligen Abkühlung überläßt, bei welcher sie, wie man bemerkte, einen saueren Geschmack annimmt. J. H. L. Pistorius,

der um die Entwicklung des Brennereiwesens so verdienstvolle Forscher der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, hatte auch bereits das Schädliche der zu weit gehenden selbsttätigen Temperaturerniedrigung erkannt und für sie als untere Grenze 36° R (= 45° C) festgestellt; vergl. Schrohe (1). Als Boutron-Charlard und Frémy in dem bei 20—25° C hingestellten, stark sauer gewordenen Grünmalzextrakt eine beträchtliche Menge Milchsäure (s. Bd. II, S. 48) fanden, wurde die Säure des gesäuerten Hefengutes ebenfalls als Milchsäure angesprochen. Lüdersdorff (2) führte dann einen Säuremesser in die Brennereien ein, wobei er auch die Säuremengen angab, welche nach den gewonnenen Erfahrungen die Hefenmaische vor und nach der Säueruug besitzen soll. Die Ursache der Säurebildung zu erkennen blieb noch späteren Forschungen vorbehalten. Nach dem von Pasteur im Jahre 1857 geführten Nachweis, daß die Bildung der Milchsäure der Tätigkeit eines organisierten Fermentes zugeschrieben werden muß, wurde, zufolge Delbrück und Schrohe (1), erst im Jahre 1868 von Schultze nachgewiesen, daß die Milchsäure auch im Hefengute durch Milchsäurebakterien gebildet wird. Spätere Bemühungen betrafen die Feststellung der günstigsten Säuerungstemperatur und Säuremenge, sowie die Erkenntnis, daß sich die Säuerung, wenn möglich, als reine Milchsäuregärung zu gestalten habe. Von theoretischen Erwägungen ausgehend, hielt Delbrück (1) im Jahre 1877 zunächst die in der Praxis damals manchenorts übliche Säuerungstemperatur von 37,5° C (= 30° R) und eine lange Säuerungsdauer ohne Rücksicht auf die gebildete Säuremenge für das richtige, eine Anschauung, welche Delbrück (2) ein Jahr später dann etwas abänderte. Im nächstfolgenden Jahre fand Richet, daß die Energie der Milchsäuregärung bis zu einer Temperatur von 44° C wächst, bei 44—52° C unverändert bleibt und bei höherer Temperatur wieder fällt; vergl. Bd. II, S. 97. In ziemlicher Uebereinstimmung damit befand sich das in mehreren größeren Brennereien eingeführte und durch Delbrück (3) noch im selben Jahre empfohlene Verfahren, wonach das Hefengut nach der Verzuckerung nicht einer langsamen Selbstabkühlung überlassen, sondern von 63° auf 50° C durch Rühren abgekühlt und dann weiterhin bei 38—50° C erhalten wurde. Im Jahre 1880 berichtete Maercker (1) über die Arbeitsweise in der Brennerei zu Trotha, daß dortselbst die Hefenmaische vom Nachmittag bis zum nächsten Morgen zur Säuerung stehen gelassen werde und sich dabei von 60 auf 47,5° C abkühle; zu dieser Zeit betrage der Säuregrad 2,25 ccm Normalnatronlauge (auf 20 ccm Hefengut bezogen), und es werde dann bereits mit der Kühlung begonnen. Dieser Bericht Maercker's, dann Mitteilungen aus Brennereikreisen und offenbar auch der oben angeführte Befund Richet's veranlaßten Delbrück (4), den Einfluß der Temperatur auf den Verlauf des Säuerungsprozesses eingehend zu studieren. Er fand, daß für eine reine Milchsäuregärung bei spontaner Säuerung des Hefengutes eine möglichst hohe Säuerungstemperatur (50° C) von der größten Wichtigkeit ist. In der Praxis hielt man aber noch längere Zeit die schon von Pistorius angegebene Temperatur von 45° C als niederste Säuerungstemperatur für ausreichend, hauptsächlich wohl darum, weil die Erhaltung von 50° C in den relativ geringen Mengen des Hefengutes auf die lange Dauer der Säuerung hin Schwierigkeiten bot. Die Säuerungsgefäße wurden während der Säuerung allgemein in einem als Hefenkammer bezeichneten abgesonderten Raum der Brennerei aufbewahrt und für diesen als passend die Temperatur von

15—20° C angegeben. Da konnte der verhältnismäßig hohe Säuregrad, welcher meistens gewünscht wurde (2,5—3 ccm und mehr Normallauge pro 20 ccm Hefenmaischfiltrat), ohne eine Abkühlung unter 50° C nicht erreicht werden, und man mußte das Hefengut während der Säuerung wiederholt anwärmen. Zudem war die Säuerungstemperatur ungleichmäßig. An der Oberfläche der Hefenmaische und an den Wänden des Hefenbottiches trat rasch eine Temperaturerniedrigung, häufig bis unter 35° C ein, welche nur durch das zeitweise aber sonst schädliche Umrühren wieder ausgeglichen wurde, und deshalb traten oft Mißerfolge ein. Das Bedürfnis nach der Regelung dieser Temperaturverhältnisse führte zu einer Reihe von Vorschlägen und Patenten. In zahlreichen Brennereien benützte man zum Wiederaufwärmen des Hefengutes den sogen. Dampfmaischrührer der Firma C. G. BOHM (1), ein Maischholz, durch dessen Stiel ein mit der Dampfleitung verbundenes Rohr geht, oder es wurden verschiedenartige Umhüllungen an dem Säuerungsbottich angebracht, welche einer Abkühlung vorbeugen sollten. Auch wurden Apparate konstruiert, in welchen sowohl die Maischung als auch die Verzuckerung und Säuerung durchgeführt wurde, und deren doppelte Wandung ein Anwärmen zuließ. Sollte jedoch der schützende und fördernde Einfluß einer hohen Säuerungstemperatur rationell ausgenützt werden, so mußte in erster Reihe dafür gesorgt werden, daß in der *ganzen* Menge des Hefengutes während der *ganzen* Säuerungsdauer eine gleichmäßig hohe Temperatur gesichert werde. Von dieser Erwägung ausgehend, führte K. KRUIS (1) im Jahre 1886 die sogen. *Säuerungskammer* in die Brennereien Oesterreichs ein, das ist ein kleiner, völlig abgetrennter, gut isolierter Raum, dessen Lufttemperatur die ganze Kampagne hindurch bei 50—53° C erhalten wird, und in welchen die Hefenbottiche, auf Rädern montiert, mit dem verzuckerten und auf 50 oder 53° C abgekühlten Hefengut eingeschoben und zur Säuerung belassen werden. Die Vorteile dieser Säuerungskammer betreffen nicht nur die Sicherung der höchstmöglichen Säuerungstemperatur in der ganzen Menge der Hefenmaische, sondern auch den Umstand, daß man mit der geregelten Säuerung sofort nach der Verzuckerung beginnen kann, und daß während der ganzen Säuerungsdauer dieselbe Säuerungstemperatur in der ganzen Hefenmaische eingehalten wird. Man erreicht dadurch, daß die Säuerung sofort einsetzt, energisch fortschreitet und daß der erforderliche Säuerungsgrad bei völliger Sicherung der Reinheit der Säuerung weit früher als sonst erreicht wird. Die Gleichmäßigkeit der Säuerungstemperatur macht auch jedes Umrühren des Hefengutes während der Säuerung überflüssig, wodurch wieder die schädliche Lüftung (s. Bd. II, S. 95) völlig vermieden wird, durch welche nach HENNEBERG eine Lähmung der Milchsäurebakterien bewirkt wird, und die nach KAYSER die Bildung flüchtiger Säuren (s. Bd. II, S. 57—58) unterstützt. Solche getrennte und gehörig erwärmte Säuerungsräumlichkeit wurde dann auch von vielen anderen Seiten empfohlen; vergl. KOŘÍNEK (1), POLZIN (1), KOSER (1), GOSLICH (1), FOTH (1) und LÜHDER (1). Beachtenswert ist die Regelmäßigkeit, mit welcher sich in der Säuerungskammer der gewünschte Säuregrad immer nach Ablauf derselben Frist einstellt, auch wenn man, wie dies in Oesterreich noch sehr häufig geschieht, das süße Hefengut nicht mit dem gesäuerten absichtlich infiziert, sondern nur die Keime im Gefäßmaterial und die des Malzes zur Wirkung gelangen. Diese Frist ist nach meinen langjährigen Beobachtungen nicht nur von der Säuerungstemperatur (50 oder 51, 52, 53° C), sondern auch

von der in den einzelnen Jahrgängen verschiedenen Beschaffenheit der Gersten abhängig. Während die Acidität von 1,7—1,8 ccm Normallauge pro 20 ccm Hefenmaischfiltrat bei 50° C unter den genannten Umständen gewöhnlich in ca. 7 Stunden erreicht werden konnte, ist sie unter gleichen Umständen in anderen Jahren erst nach achtstündiger Säuerungsdauer, in wieder anderen aber in sechsstündiger, ja sogar noch früher erreicht worden; aber bei einer Säuerungstemperatur von 52—53° C waren 10 und auch 12 Stunden nötig, um obigen Säuregrad zu erreichen.

Ueber die vorteilhafteste Säuremenge im gesäuerten Hefengut sind die Anschauungen der Praxis bis heute nicht einig. Das Dickmaischverfahren Deutschlands hat die meisten Anhänger einer möglichst weitgehenden Säuerung und vielfach wird als Regel der Satz aufgestellt: „Je mehr Säure im Hefengut, desto weniger Säure (entsteht dann) im Hauptgärbottich". In dem Sinne säuern viele bis zu einer Acidität von 2,5 oder sogar 3 ccm Normallauge pro 20 ccm Hefenmaischfiltrat. In Oesterreich, wo die Kartoffelmaischen nicht mit so hohen Konzentrationen angestellt werden, läßt man höchstens bis zu 2 ccm Normallauge säuern, meist aber nur bis zu 1,6—1,8 ccm. Auch in Deutschland werden übrigens nicht selten geringere Säuregrade (auch nur 1,2—1,0 ccm) verwendet; vergl. WITTELSHÖFER (1), HESSE (1) u. a. Nur in der Preßhefenfabrikation wird ein hoher Säuregrad allgemein als notwendig anerkannt. Die Empfehlung DELBRÜCK's, die Säuerung durch die Aussaat rein gesäuerter Hefenmaische zu fördern und zu sichern, hat in Brennereikreisen Deutschlands eine ziemlich ausgedehnte Annahme gefunden, ebenso wie der Vorschlag, nach vollzogener Säuerung das saure Hefengut auf 75° C zu erwärmen, um die weitere Wirksamkeit der Milchsäurebakterien in der Kunsthefe und in der Hauptmaische auszuschließen.

Einen ganz wesentlichen Fortschritt in der rationellen Durchführung des Säuerungsprozesses bedeutet die im Jahre 1895 durch LAFAR (1) erfolgte Einführung der Reinzucht eines geeigneten Milchsäurebildners zur Einleitung der Säuerung. Es wurde hierdurch die reine Säuerung schon in den ersten Hefenmaischen gesichert, während es sonst zu Beginn der Kampagne mancherlei Schwierigkeiten gab; vergl. S. 296.

§ 74. Theorien über den Säuerungsprozeß in der Brennerei.

Schon LÜDERSDORFF (3) hatte die günstige Wirkung geringer Mengen von Säuren auf den Verlauf der Gärung betont und den Säuren auch eine die Vermehrung der Hefe fördernde Kraft zugeschrieben. Nach PASTEUR (1) entwickelt sich in einer Zuckerlösung, welche vorher angesäuert und dann erst einer spontanen Gärung überlassen wurde, nur Hefe allein, die Bakterien bleiben unterdrückt, während in neutralen oder ganz schwach sauren Lösungen immer zuerst Bakterien und dann Hefenzellen erscheinen. Die Acidität bietet demnach einen Schutz gegen das Aufkommen und die Entwicklung von Spaltpilzen neben Hefe. Die besondere Wirkung der Milchsäure erklärte C. BALLING (1) durch die Annahme, daß die Milchsäure als Lösungsmittel wirke, welches das Eiweiß der Maische für die Hefe in Lösung bringe und in der Richtung sich ähnlich betätige wie manche andere Säuren, namentlich aber die Phosphorsäure, deren Zusatz, und zwar schon beim Maischen, er deshalb den Brennern empfahl. Die Auffindung eines peptonisierenden Enzyms im Darrmalze durch GORUP-

Besanez veranlaßte M. Delbrück (2) im Jahre 1877 zu der Annahme, daß die Säuerung die Wirkung dieses Enzyms ermögliche, wodurch das nicht verwendbare Eiweiß des Hefengutes in eine vorteilhafte Nährsubstanz für die Hefe umgewandelt werde. Bei der experimentellen Prüfung dieser Ansicht fand jedoch Delbrück, daß während des Säuerungsprozesses weder bei der in Grünmalz- noch auch bei der in Kartoffelmaische oder in Schlempe herangezüchteten Hefe Eiweiß in Lösung geht, daß aber die nicht diffusiblen gelösten Eiweißkörper in diffusible stickstoffhaltige Substanzen verwandelt werden, und zwar nur wenig bei der Grünmalzhefe, aber energisch bei der Kartoffel- und Schlempehefe. Aus den Untersuchungen Delbrück's wurde ferner der Schluß gezogen, daß es sich bei der Säuerung insbesondere auch um den Schutz gegen schädliche bakterielle, insbesondere buttersaure und faulige Gärung handelt, welche Anschauung in den Kreisen der Brennereipraktiker bald allgemeine Aufnahme fand. Die Aufklärung dieses Schutzes, den die Säuerung mit sich bringt, erheischte jedoch vor allem Studien über den Einfluß, den die in gesäuerten und gärenden Maischen vorkommenden Säuren einerseits auf die Entwicklung und Gärtätigkeit der Hefe und andererseits auf die in den Maischen vorkommenden Spaltpilze auszuüben vermögen. Gelegentlich der von Maercker veranlaßten Studien A. Neale's (1) über die Schwergärigkeit der Melassen (vergl. S. 283), welche später von den eben genannten zwei Forschern und auch von Werenskiold (1) ergänzt worden sind, wurde schon die gärungshemmende hefenfeindliche Wirkung der niederen, flüchtigen Fettsäuren, insbesondere der Buttersäure, sichergestellt. Die Arbeiten von M. Hayduck (1), Juslin (1) und Wehmer (1) brachten weitere Angaben, von welchen insbesondere die über den Einfluß der Milchsäure und Buttersäure, dann aber auch über den von Schwefelsäure und Salzsäure, die in der Brennereipraxis ebenfalls mitunter Verwendung finden, von besonderem Interesse sind und hier angeführt werden mögen, während diejenigen über das Verhalten der Hefen zu Flußsäure und zu Fluoriden dem § 76 vorbehalten bleiben.

Die Milchsäure fängt nach Hayduck das Wachstum der Hefe erst dann zu schädigen an, wenn ihre Menge 1,35 Proz. erreicht hat; 1,5 Proz. bewirken aber schon eine bemerkbare Störung des Hefenwachstums, während 0,5 Proz., wie schon Werenskiold erkannt hat, die Hefenvermehrung begünstigen (ohne Säure aus einer Zelle 10,3, mit Säure 13,3 Zellen). Bei einem Milchsäuregehalt von 3,5 Proz. hört das Hefenwachstum auf. Von 0,9 Proz. Milchsäure aufwärts äußert sich die Milchsäurewirkung auch in einer Kontraktion der Zellen, welche schließlich bei gesteigertem Milchsäuregehalt kaum noch halb so groß wie die normalen erscheinen. Nach Juslin steigern schwache Milchsäurezusätze die Hefenvermehrung von 6,36 (ohne Säure) bis auf 8,20, und selbst bei 1 Proz. Milchsäure beträgt die Hefenvermehrung noch 7,04. Die Gärwirkung der Hefe wird nach Hayduck erst von 0,4 Proz. Milchsäure an etwas verzögert, doch wird das Endresultat der Gärwirkung durch 0,2—1 Proz. Milchsäure begünstigt (Alkoholgehalt nach der Gärung: ohne Säure 5,75 Vol.-Proz., mit 0,9 Proz. Milchsäure 6,10 Vol.-Proz.). Bedeutend verzögert wird die Gärung erst durch 2,5 Proz. Milchsäure. Daraus ist ersichtlich, daß die durch die Säuerung in der Brennereipraxis erzeugten Milchsäuremengen der Hefe nicht schädlich sondern eher förderlich sind. Selbst eine Säuerung bis auf 3,0 ccm Normallauge pro 20 ccm Hefenmaische, wie sie in Preßhefenfabriken üblich zu sein pflegt,

entspricht nur 1,35 Proz. Milchsäure, also einer Menge, bei welcher eine Schädigung der Hefenvermehrung nach HAYDUCK erst beginnt. Nach WEHMER (1) können Maischen und Würzen selbst bei 1—2 Proz. Milchsäurezusatz noch spontan unter reichlicher Hefenentwicklung in Gärung übergehen, und erst 7—8 Proz. sind unter günstigen Umständen merklich störend. Es kann jedoch nach WEHMER der Einfluß der Milchsäure auf die Hefenvermehrung und Gärwirkung unter Umständen auch ein minder harmloser sein, was von den die Einwirkung begleitenden Umständen, insbesondere von dem Nährstoffreichtum der Lösung, abhängt. In Flüssigkeiten, welche der Hefe minder zusagen, so z. B. in einer Zuckerlösung mit Mineralsalzen, ist die Wirkung der Milchsäure merklich stärker, und wenige Prozente können hier, zumal bei schwacher Hefeneinsaat, die Gärung ganz unterdrücken. Nach neueren Untersuchungen von HENNEBERG (1) ist auch die Zeitdauer der Einwirkung von Milchsäure von großem Einflusse. In einer Fabrikskunsthefe waren bei einem Gehalte von 0,81 Proz. Milchsäure am 4. Tage 99 Proz. der Hefenzellen abgestorben.

Die von verschiedenen Forschern angegebenen Zahlenwerte, betreffend die Beeinflussung der Hefe durch die Buttersäure gehen weit auseinander. Es sind hier noch viel mehr als in anderen Fällen die Versuchsbedingungen von Einfluß, so namentlich nach HAYDUCK die Qualität der Hefe, die Zusammensetzung der Maische, der Zuckergehalt, die Größe der Hefenaussaat, die Gärtemperatur u. a. m. In NEALE's und MAERCKER's Versuchen mit Melassenmaische reichten schon 0,05 Proz. Buttersäure hin, um die Gärung zu beeinträchtigen, und 0,1 Proz. hemmte die Gärung vollständig. Spätere, über Veranlassung von HAYDUCK ausgeführte Untersuchungen von MÜLLER ergaben, daß unter Umständen selbst durch 0,5 Proz. Buttersäure die Gärung erst in sehr geringem Maße geschädigt, während die Hefenvermehrung empfindlicher beeinflußt wird. Außerdem fand JUSLIN, daß 0,05 Proz. Buttersäure die Gärung nicht nur nicht verhindern, sondern sogar verstärken. Für die in Zuckerlösung befindliche Bierhefe ermittelte THOL (1) den die Gärung hemmenden Wert zu 1,5 Proz. Buttersäure, was nach WEHMER's Erfahrungen auch für die Maische bei Aussaat von 1 Proz. Buttersäure gilt, wenngleich schon die Hälfte dieses Buttersäurezusatzes die Gärung stark beeinträchtigt. Bei minimaler Aussaat und minder günstiger Kulturflüssigkeit (Zuckerlösung mit Mineralsalzen) wird die Gärung nach WEHMER schon durch 0,25 Proz. Buttersäure gehemmt. In allen Fällen wurde jedoch sichergestellt, daß die Sprossung der Hefe schon durch viel niedrigere Buttersäurewerte beeinträchtigt wird. In den Versuchen von JUSLIN hinderten sogar schon 0,005 Proz. Buttersäure etwas die Hefenvermehrung. Der oben erwähnte Befund, daß geringe Mengen von Buttersäure unter Umständen auf die Gärung eine vorteilhafte Wirkung ausüben, veranlaßte DELBRÜCK (6) zur Vornahme weiterer Versuche in dieser Richtung, wobei konstatiert wurde, daß erst ein Buttersäuregehalt von 10 Proz. der Gesamtsäure, das sind 0,06 Proz. der Maische, sich vorteilhaft bemerkbar machte; aber selbst eine Steigerung bis zu 0,18 Proz. der Maische bringt noch eine bessere Vergärung des Hefengutes als die mit reiner Milchsäure mit sich. Diese Erfahrung führte dann zu einem patentierten Verfahren der Kunsthefenbereitung, das auf S. 305 mitgeteilt ist.

Auch ein sehr geringer Gehalt an Schwefelsäure, nämlich 0,024 Proz., begünstigt nach HAYDUCK das Wachstum sowie die Gär-

wirkung der Hefe, und zwar indirekt durch die Unterdrückung der Entwicklung von Spaltpilzen. Ein Gehalt von 0,05 Proz. beschränkt oder verlangsamt die Hefenentwicklung nicht, 0,07 Proz. bewirken eine merkliche Abnahme der Hefenbildung, nicht aber der Gärwirkung. Mit der Schädigung des Hefenwachstums tritt gleichzeitig auch eine Verkümmerung der Hefenzellen ein. Bei 0,24 Proz. fand keine Sproßbildung mehr statt. Die Gärtätigkeit der Hefe wurde durch 0,1 Proz. Schwefelsäure schon bedeutend verlangsamt; bei 0,7 Proz. hörte die Gärung schon fast ganz auf. Zu diesen, sowie zu den obangeführten Versuchen über die Wirkung der Milchsäure und den nachfolgenden mit Salzsäure benützte Hayduck immer 400 ccm einer 10-proz. Rohrzuckerlösung, die mit 10 g Preßhefe auf 4 Tage bei 30° C, bzw. 17,5° C zur Gärung hingestellt wurde. Nach Th. Bokorny (1) töten 0,5 Proz. Schwefelsäure die Hefe bei 16-stündiger Einwirkung; 0,1 Proz. ist nicht schädlich. Mit steigender Temperatur fällt die Widerstandsfähigkeit der Hefe. Bei lang andauernder Einwirkung wurden 20 g Hefe schon durch 0,05 bis 0,1 g Schwefelsäure getötet.

Die Salzsäure beeinträchtigt die Gärtätigkeit der Hefe in noch höherem Maße als die Schwefelsäure. Schon 0,1 Proz. verlangsamt die Gärtätigkeit der Hefe viel bedeutender als 0,1 Proz. Schwefelsäure, und bei einem Gehalt von 0,56 Proz. Salzsäure tritt gar keine Gärung mehr ein. Auf die Form der Hefenzellen nimmt diese Säure den gleichen Einfluß wie die Schwefelsäure.

Wie auf S. 94 des II. Bandes gesagt worden ist, werden die Milchsäurebakterien durch die Säuren, auch schon durch die von ihnen selbst erzeugte Milchsäure, im Wachstum gehindert. Sie sind in der Beziehung viel empfindlicher als die Hefe, insbesondere wenn sie einer höheren Temperatur (der Maischtemperatur von 60° C) ausgesetzt gewesen sind. In einer Darrmalz-Maische, die eine halbe Stunde lang auf 60° C erhitzt worden war, unterdrückte zufolge Hayduck (2) ein Zusatz von 0,15 Proz. Milchsäure die Milchsäuregärung vollständig. In einer ebensolchen, aber nur auf 37,5° C erwärmten Maische wurde die Milchsäuregärung durch einen Zusatz von 0,2 Proz. Milchsäure empfindlich geschwächt. Noch viel mehr als die Milchsäuregärung wird nach Hayduck (2) die Buttersäuregärung durch Schwefelsäure und Milchsäure gehemmt.

Eine interessante Auffassung des Nutzens der Milchsäure, bezw. des Säuerungsprozesses für die Gärung der Brennereimaischen ist diejenige Effront's (1), welche er auf Grund besonderer Versuche gewonnen hat. Ihm zufolge wird durch die vorangegangene Säuerung die Aktivität der nachher eingebrachten Hefenzellen gesteigert, und diese Steigerung bewirkt es, daß die Entwicklung der Spaltpilze verhindert wird und daß außerdem die Gärung einen kräftigeren Verlauf nimmt, so daß die Vergärung in der gewünschten kurzen Zeit mit geringeren Hefenmengen vollendet erscheint. Nach Effront ist also die antiseptische Wirkung der Milchsäure eine indirekte, indem sie die Hefe befähigt, durch die gesteigerte Aktivität sich der Spaltpilze selbst zu erwehren. Auch die Schädlichkeit der bei einer unrichtigen Säuerung entstehenden niederen, flüchtigen Fettsäuren hat Effront in den Kreis seiner Untersuchungen mit einbezogen. Es ist zufolge Hayduck (2) insbesondere die Essigsäure (vergl. Bd. II, S. 60) und häufig auch Ameisensäure, welche bei einer unrichtigen Säuerung entstehen. Durch sie wird aber der nachfolgende Verlauf der alkoholischen Gärung der Maische wesentlich be-

einflußt. Effront hat häufig sichergestellt, daß dann, wenn die Menge der flüchtigen Säuren 4—6 Proz. der Gesamtacidität betrug, eine sehr aktive Hefe resultierte, daß jedoch dann, wenn die flüchtigen Säuren 15—20 Proz. der Gesamtsäuremenge ausmachten, die Hefe an Aktivität nicht gewann sondern verlor. Die Bildung flüchtiger Säuren ist also bei der Säuerung soweit wie möglich zu verhindern.

Vergleicht man diese Erfahrungen Effront's und auch die Henneberg's mit den oberwähnten Angaben, denen zufolge ein Buttersäuregehalt bis zu 30 Proz. der Gesamtacidität auf die Hefe nicht schädlich einwirke, so ersieht man wohl daraus, daß über den Einfluß der flüchtigen Fettsäuren auf die Hefe unter den Verhältnissen der Brennereipraxis noch kein genügend geklärtes Urteil möglich ist und weitere Untersuchungen in der Richtung wünschenswert erscheinen.

Inwiefern der durch die Säuerung der Hefenmaische angestrebte Schutz der Hauptmaische erreicht worden ist, beurteilt man in der Brennereipraxis nach der Säurezunahme während der Gärung. Der normale Säurezuwachs der gärenden Hauptmaische vom Anstellen mit Kunsthefe bis zum Abtrieb des Alkohols beträgt höchstens 0,2—0,3 ccm Normalsäure pro 20 ccm Maischfiltrat. Dies bedeutet aber, daß in normalen Fällen die Tätigkeit der säuernden Spaltpilze während der Gärung der Hauptmaische fast Null ist, da diese geringen Säuremengen einerseits zufolge Prior (1) und Lindner (1) der Tätigkeit der Hefe selbst andererseits zufolge Johnson (1) der Wirkung eines proteolytischen Malzenzyms zugeschrieben wird.

Durch alle diese Erfahrungen wurde es nahegelegt, zu versuchen, ob ein direkter Zusatz von Milchsäure zum verzuckerten Hefengut nicht etwa den Säuerungsprozeß überflüssig machen könnte. Als nun die Milchsäure zu Färberei- und Druckereizwecken technisch dargestellt und in den Handel gebracht worden war, wurden mehrere Versuche in Brennereien angestellt, welche alsbald den Beweis lieferten, daß man tatsächlich mit Vorteil für den Verlauf des Betriebes die Säuerung durch direkten Zusatz der technischen Milchsäure umgehen könne. Nur vom rechnerischen Standpunkte aus betrachtet konnten berechtigte Zweifel erhoben werden, ob die Verwendung der Milchsäure des Handels die Säuerung aus den Brennereien würde verdrängen können. Wehmer (2), Lange (1), Heinzelmann (2), Bücheler (1) u. a. berichteten ausführlich über die in der Richtung gewonnenen Erfahrungen und machten nähere Angaben über die vorteilhafteste Art und Weise, wie die technische Milchsäure in der Brennerei und in der Preßhefenfabrikation zu verwenden sei.

§ 75. Die Flora der säuernden Brennereimaischen.

Von den zahlreichen Mikroorganismen, welche bei der Bereitung der Hefenmaische mit dem Grünmalze eingebracht werden (s. S. 259), gelangen durch eine regelrecht geführte Säuerung nur die Spaltpilze der Milchsäuregärung zur Vorherrschaft. Eine absolute Abwesenheit anderer Mikroben ist jedoch im praktischen Brennereibetriebe, wie durch mykologische Methoden nachgewiesen werden kann, fast niemals zu erreichen. Bei einer regelrecht geführten Säuerung wird, nach allen bisherigen Erfahrungen, überdies fast immer nur *eine* Art des Erregers der Milchsäuregärung oder seine Varietät in der Hefenmaische das Feld be-

herrschen, nämlich der *Bacillus acidificans longissimus* Lafar (*Bacillus Delbrücki* Leichmann). Wird anfänglich eine Reinkultur dieses „Kulturmilchsäurebazillus" in die Hefenmaische eingesät, dann bleibt dieser, wie Henneberg (2) gezeigt hat, während des Betriebes auch dann in der Vorherrschaft, wenn die wichtigste Säuerungsmaßregel, die Temperaturhöhe von 50° C, nicht eingehalten wird.

Der erste Milchsäuregärung erregende Spaltpilz, der in Brennereimaischen beobachtet und in Reinkultur isoliert, sowie näher beschrieben wurde, ist der *Pediococcus acidi lactici* (auch *P. lactis acidi*) Lindner. Er wurde von Lindner (2) aus einer bei 41—50° C gesäuerten Malzmaische, in welcher sich gleichzeitig auch ein Buttersäurebildner entwickelt hatte, isoliert, und war zu wiederholten Malen bei Gärungsversuchen mit 200 g Malz auf 1 l Wasser bei 45° C fast als Reinkultur aufgetreten (s. S. 260). Dieser Organismus wurde später auch von Henneberg (3) in dessen umfassende Studien über Milchsäurebakterien einbezogen. Auf Fleischsaftpeptongelatine entwickelt er sich in Form winziger Kolonien. Auf Agar bildet er unregelmäßige, grauweiße Kolonien. Im Stich wächst er besser. In einer Malzextraktlösung (100—200 g käuflichen Malzextraktes zu 1 l Lösung) und in einem mit Rohrzucker versetztem Heudekokt verursacht er eine Säuerung, deren Intensität von der anfänglichen Reaktion der Flüssigkeit, von der Konzentration und von der Temperatur abhängt. Die Höchstmenge an Säure beträgt 0,7 Proz. Milchsäure. In Maische ist die Säuerung gering, nach 5 Tagen nur 0,2 Proz. Ueber sein Verhalten zur Temperatur vergl. Bd. II, S. 97. Auf frischer Gerste, auf Roggen und Darrmalz findet sich diese Art sehr häufig. In Schrotaufschwemmung bei 30—50° C ist sie nach 24 Stunden allein oder neben anderen Arten oft sehr reichlich vorhanden. Gegen die Säuerungstemperatur ist sie sehr empfindlich. Ein durch 20 Minuten andauerndes Erwärmen auf 56° C verhindert ihre Entwicklung in Malzextrakt von natürlichem Säuregrade (0,4 ccm) völlig. Sie kann auch bei Luftabschluß leben und sich vermehren. Neben Milchsäure bildet sie nur Spuren flüchtiger Säuren. Durch keine der aus Bier (vergl. S. 223) isolierten Arten von *Sarcina* (bezw. *Pediococcus*) entsteht so viel Milchsäure wie durch sie. Sie tritt in runden, meist zu zweien zusammenhängenden Zellen auf, nicht selten aber auch zu kurzer Kette vereint oder eine Tetrade bildend. Der Durchmesser beträgt 0,8—1,0 μ. In manchen Kulturen sind neben kleineren auch größere Zellen zu finden. Ob sie auch in typischen Sarcina-Verbänden auftritt, ist unerwiesen.

Ein Stäbchenbakterium, das eine intensive Milchsäuregärung hervorruft, haben Kruis und Raýman (1) im Jahre 1893 aus gesäuerter Hefenmaische in Reinkultur isoliert und auf seine Gärwirkung näher untersucht. Die aus einer Kolonie auf Malzextraktagar in eine sterilisierte, klare, ungehopfte Malzwürze übergeimpften Zellen hatten bei 40° C daselbst 0,9 Proz. Milchsäure hervorgebracht und bildeten Stäbchen, welche durch fortgesetzte künstliche Kultur bei 37° C schließlich in sehr kurze Stäbchen übergingen, wobei neben der Milchsäure (9 g im Liter) auch 0,467 g Ameisensäure und 0,642 g Essigsäure sowie Spuren von Aethylalkohol, von Mannit und wahrscheinlich auch von Sorbit entstanden. Es wurde hierdurch die Bildung flüchtiger Fettsäuren neben Milchsäure durch die Reinkultur eines Milchsäurebakteriums zum ersten Male nachgewiesen (vergl. Bd. II, S. 60).

Einen geeigneten Spaltpilz der Milchsäuregärung aus gesäuertem Hefengut isoliert und zum ersten Male im praktischen Brennereibetrieb

mit Erfolg eingeführt zu haben, ist das Verdienst LAFAR's. Nach vergeblichen Versuchen, die in Milch vorkommenden Säuerungsorganismen für die Säuerung der Hefenmaische zu verwenden, isolierte LAFAR (2) eine geeignete Milchsäurebakterie aus gesäuertem Hefengut, die er
5 *Bacillus acidificans longissimus* benannte und als Reinkultur nach entsprechender Vermehrung mit vollem Erfolge zur künstlichen Ansäuerung des Hefengutes verwendete. Die Lebensverhältnisse dieses Bazillus wurden von LAFAR schon im Jahre 1893 studiert. In der Kampagne 1894/5 wurden in der Brennerei zu Hohenheim in Württemberg die
10 ersten Versuche im praktischen Betriebe angestellt, und in der Kampagne 1895/6 wurde in Hohenheim schon ausschließlich mit dem *B. acidificans longissimus* gesäuert. Auch LEICHMANN (1) berichtete im Jahre 1896 über ein aus sauerem Hefengut isoliertes Stäbchenbakterium, dem er den Namen *Bacillus Delbrücki* beilegte und das er in manchem zwar dem
15 in der Milch vorkommenden *Bacillus lactis acidi* ähnlich fand, das jedoch darin abwich, daß es den Milchzucker nicht zu vergären vermag: er wies auf eine eventuelle praktische Verwertung seines Befundes hin. Später hatte LEICHMANN (2) den *Bac. Delbrücki* als höchst wahrscheinlich identisch mit dem *Bac. acidificans longissimus* LAFAR bezeichnet. Durch
20 den Erfolg in Hohenheim angeregt, hatten auch andere Brennereien mit der Hohenheimer Reinkultur des *Bac. acidificans longissimus* im praktischen Betriebe Versuche angestellt und die Verwendung desselben namentlich zur Einleitung einer reinen Säuerung zu Beginn der Kampagne als höchst vorteilhaft anerkannt; vergl. J. SUTTOR (1), HEINZELMANN (1)
25 und BAHR (1). Infolgedessen übernahm das Berliner Institut für Gärungsgewerbe die Reinzüchtung dieses Organismus für den praktischen Bedarf der Brennereien und versieht seitdem mit ihm alljährlich Hunderte von Betrieben.

Umfassende eingehende vergleichende Untersuchungen von Milch-
30 säurebakterien verschiedenen Ursprungs unternahm W. HENNEBERG (3). Er hatte Milchsäurebakterien der Brennereimaische, der Milch, des Bieres, der Preßhefe, der Melasse, des Sauerkohls, der sauren Gurken, des Sauerteiges und des menschlichen Magens miteinander verglichen und genau beschrieben, um dadurch zu einer richtigen Einteilung und
35 Abgrenzung der Arten, sowie zur Aufklärung über die Ursachen und Größe der Variation experimentelles Material zu beschaffen. Später fügte HENNEBERG (4) diesen Untersuchungen noch solche über die Organismen eingesandter Proben von Gärbottichholz bei, sowie auch Versuche über den Einfluß verschiedener Milchsäurebazillenarten auf die
40 Gärung der Hefe in Getreidemaische. Diese Studien führten HENNEBERG zur Unterscheidung von „wilden Milchsäurebazillen“, unter welchen er wieder „unschädliche“ und „schädliche“ erkannte. Im Gegensatz zum „Kulturmilchsäurebazillus“ (*Bacillus acidificans longissimus* LAFAR, *Bacillus Delbrücki* LEICHMANN) bezeichnet HENNEBERG alle fremden Arten in der
45 Maische (analog der üblichen Hefenunterscheidung) als wilde Milchsäurebazillen. Unter diesen wieder nennt er nun solche, welche in den von ihm vorgenommenen Versuchen flüchtige Säure (Essigsäure) bildeten und die Hefe in ihrer Gärwirkung beeinträchtigten, schädliche Milchsäurebazillen, und solche, welche keine flüchtige Säure erzeugten und
50 sich als der Hefe ungefährlich erwiesen, als unschädliche Milchsäurebazillen. Zu den schädlichen, flüchtige Säure bildenden Milchsäurebazillen zählt HENNEBERG die nachbenannten, von ihm isolierten und untersuchten Arten: *Bac. Hayducki* und *B. Buchneri*, welche weiter unten

näher beschrieben werden, dann noch einen *Bacillus IV*, der aus Gärbottichholz, und *B. Wehmeri*, der aus Melasse isoliert wurde. Zu den unschädlichen, keine flüchtige Säure erzeugenden, zählt er außer dem Kulturmilchsäurebazillus die Arten *Bac. Beijerincki*, *B. Listeri*, *B. Wortmanni*, *B. Leichmanni I*, die ebenfalls weiter unten näher beschrieben werden. Die einzelnen Arten unterscheiden sich voneinander durch ihr Wachstum im hängenden Tropfen, durch ihr Verhalten in Maischen, insbesondere aber durch ihre Wachstumstemperaturen; die wilden Milchsäurebazillen haben ihre günstigste Entwicklungstemperatur meist zwischen 25—40° C, während der Kulturmilchsäurebazillus nur bei hohen Temperaturen (41—47° C) gut wächst. Dadurch können aber solche wilde Milchsäurebakterien mit niedrigen Wachstumstemperaturen, wenn sie während der Säuerung aufkommen, später in der Maische schädlich werden, da sie bei den Temperaturen der Hauptgärung zu wachsen und zu säuern vermögen.

Des Kulturmilchsäurebazillus der Brennereimaischen (*Bac. acidificans longissimus* Lafar, auch *Bacillus Delbrücki* Leichmann) wurde schon bei der allgemeinen Besprechung der Milchsäurebakterien auf S. 85 und 93 des II. Bandes Erwähnung getan. Es sei hier noch Nachstehendes nach den Angaben von Henneberg hinzugefügt. Der Organismus bildet lange (2,8—7 μ, manchmal über 100 μ, einmal 973 μ), meist nur schwach gebogene, scheinbar ungegliederte Zellfäden. Die Breite variiert bei verschiedener Ernährung zwischen 0,3—1,2 μ. In manchen Fällen, so bei Züchtung in einer Lösung von 3 Proz. Hefenextrakt und 20 Proz. Dextrose durch 48 Stunden bei 40° C, fanden sich Zellfäden mit stark aufgeschwollenen, kugelförmigen oder wurstförmigen Teilen in der Mitte oder am Ende. In stark (2 Tage) gelüfteten Maischen erscheinen Zellen mit kugelig zusammengeballtem Plasma, wodurch Sporen vorgetäuscht werden. Häufig kleben fettartige Ausscheidungen als kleine Tröpfchen fest an den Zellen und können leicht mit Involutionsformen verwechselt werden. Kolonien auf Maischeagar entwickeln sich bei 48° C gut: sie sind klein, rundlich, flach, wasserhell, glänzend und haben nach 24 Stunden 0,56 mm im Durchmesser. Ein Zusatz von Kreide zu dem Agar erwies sich als vorteilhaft. Geeignet ist Hefenextrakt (3 Proz.) mit Dextrose (20 Proz.) oder der gleichen Menge von Maltose oder Rohrzucker, dann Maische und ungehopfte Würze; gehopfte Würze oder Bier sind ungeeignet. Es wird Linksmilchsäure erzeugt, die meiste Säure bei 41—43° C in 6 Tagen, nämlich entsprechend 14,8 ccm Normallauge auf 100 ccm Maische. Bei reichlichem Luftzutritt wird weniger Säure gebildet, die Bazillen werden gelähmt; durch das Vorhandensein der Treber wird diese Wirkung zum Teil aufgehoben, wie dies in der folgenden Tabelle auf S. 298 veranschaulicht ist. Die Agarkulturen sollen jeden Monat übergeimpft werden. In unter Druck sterilisierter Kartoffelmaische findet nur schwache Säuerung statt. Durch 1—2 Proz. Alkohol wird die Entwicklung der Zellen und die Säurebildung gefördert. Aber 4 Proz. Alkohol wirken schon hemmend, 10 Proz. verhindern beides schon völlig. Der Kulturmilchsäurebazillus der Brennereien verträgt Trockenheit durch längere Zeit (1—2 Monate) und ist in diesem Zustande auch öfters mit gutem Erfolg zur Versendung ins Ausland gekommen. Das Verhalten dieses Spaltpilzes zur Temperatur ist schon auf S. 96 und 97 des II. Bandes angegeben worden. Nach neueren Untersuchungen Henneberg's (6) werden bei hoher Temperatur entwickelte Zellen durch die Milchsäure stärker geschädigt.

Kulturgefäß	Art der Maische	Gebildete Säuremenge in ccm Normallauge auf 100 ccm Maische			
		1. Tag	2. Tag	5. Tag	7. Tag
Große Schalen	Versuch I				
	filtriert	2,2	2,4	2,4	2,4
	nicht filtriert	5,6	8,0	9,2	9,2
	Versuch II				
	filtriert	2,6	2,8	2,8	2,8
	nicht filtriert	4,2	5,8	5,8	5,8
	filtriert u. Treberzusatz	3,8	5,8	—	—
Lange enge Reagiergläser	filtriert	4,4	5,2	5,6	5,6
	nicht filtriert	—	—	11,0	—
Weitere Glascylinder	filtriert	4,2	4,2	5,0	5.8 d. 23. Tag
	nicht filtriert	4,4	7,4	9 2	12 d. 21. Tag
ERLENMEYER	ausgewaschene Treber .	1,4	2,4	3,6	3,9

Von wilden Milchsäurebakterien des Brennereibetriebes isolierte und beschrieb HENNEBERG die nachstehend genannten Arten: *Bacillus Beijerincki*, aus eingesandter reifer Hefe isoliert, *Bacillus Maerckeri*, in bei 40–25° C spontan gesäuerter Getreidemaische fast ausschließlich anwesend vorgefunden, und *Bacillus Delbrücki var. α* in einer im Laboratorium hergestellten Brennereimaische einmal vorherrschend gewesen. Aus Preßhefe schied er die nachfolgenden sieben Arten ab: *Bacillus Listeri*, *Bac. Wortmanni*, *Bac. Haydacki*, *Bac. Buchneri* und *Bac. Leichmanni I*, *II* und *III*. In den zwei Tabellen auf S. 300 und 301 sind die wichtigsten Angaben HENNEBERG's über diese Milchsäurebakterien übersichtlich zusammengestellt. Ueber deren Verhalten gegen Zuckerarten vergl. Bd. II, S. 92 und 93.

Mit dem Studium der in Maischen der Brennereien und Preßhefenfabriken vorkommenden Milchsäurebakterien befaßte sich auch BEIJERINCK, dessen Anschauungen über das Wesen dieser Organismen hier noch, als in manchem abweichend, beigefügt werden mögen. Auf BEIJERINCK's (1) Einteilung der „aktiven Milchsäurebakterien" ist schon auf S. 82 des II. Bandes hingewiesen worden. Das „aktive" Milchsäurebakterium des Brennereibetriebes, das man durch die aerobe Kulturmethode auf festem Nährboden aus einer gesäuerten Maische für gewöhnlich erhält, bezeichnet BEIJERINCK als *Lactobacillus Delbrücki*, fügt aber hinzu, daß in gewissen Fällen es möglich ist, ein Bakterium daraus zu züchten, welches das unveränderte „Agens" der sauren Maische ist, und das er *Lactobacillus fermentum* nennt. Von diesem nehmen zufolge BEIJERINCK verschiedene Varietäten des *Lactobac. Delbrücki* ihren Ursprung. Unter letzterem versteht BEIJERINCK nicht bloß eine Varietät allein, sondern alle diejenigen, welche sich leicht bei Luftzutritt aus jeder Maischeprobe durch Würzeagar isolieren lassen, also eine Reihe von einander sehr nahestehenden und erblich ziemlich beständigen Formen. Der Unterschied zeigt sich, wenn man die Kulturen dieser Varietät einerseits bei Luftzutritt und andererseits ohne Luftzutritt vergleicht und die unter diesen Umständen erhaltene Säure mißt. Die Kolonien des *Lactobac. Delbrücki* auf Würzeagar sind weiß oder gelblich weiß und am Rande mehr oder weniger ausgezackt. Da BEIJERINCK mit der Reinkultur niemals den bei der

natürlichen Säuerung erzielten Säuregrad erreichen konnte, hält er den *Lactobac. Delbrücki* nicht für identisch mit dem „aktiven" Bakterium einer gut gesäuerten Maische, aber für einen Abkömmling des eigentlichen Säuremaischebakteriums, des *Lactobac. fermentum.* Man kann den *Lactobac. Delbrücki* in *Lactobac. fermentum* durch die Kultur unter Luftmangel bei gewöhnlicher Temperatur umwandeln, und umgekehrt den letzteren durch eine Kultur bei Luftzutritt in *Lactobac. Delbrücki* umbilden. Wenn man die Kultur in ganz mit Würze angefüllten und gut geschlossenen Flaschen vornimmt, so wird schon beim 4. oder 5. Impfen in 10 oder 12 Tagen der ungenügend säuernde *Lactobac. Delbrücki* zum kräftigen Säureerreger *Lactobac. fermentum*; man erhält dann schon den Maximalsäuregehalt von 17 ccm Normallauge pro 100 ccm Würze. *Lactobac. fermentum* bildet auf Würzeagar kleine, durchsichtige Kolonien, die aus kurzen Bazillen bestehen, welche, was Länge und Breite anbelangt, ungleichmäßig sind. *Lactobac. Delbrücki* ist kaum imstande, die Buttersäuregärung zu unterdrücken, was mit dem *Lactobac. fermentum* ausnahmslos gelingt. Der *Lactobac. caucasicus*, das Milchsäurebakterium der Kefirkörner (s. Bd. II, S. 130), findet sich nach Beijerinck immer in kleiner Anzahl in der milchsauren Maische der Hefen- und Spiritusfabrik zu Delft und kann daraus durch die Züchtung auf Würzegelatine bei 23° C direkt in Reinkultur gewonnen werden. Er kann auch aus der Preßhefe dieser Fabrik isoliert werden. Ebenso schädlich wie *Lactobac. caucasicus*, der bei der Hauptgärung der Hefe leben kann, sind die ebenfalls bei niedrigen Temperaturen säuernden *Lactobac. fragilis* und *Lactobac. conglomeratus*. Man erhält sie neben *Lactobac. caucasicus*, wenn man Bäckereihefe der spontanen Zersetzung überläßt, indem man sie in feuchte Luft bei 30° C hinstellt und daraus dann nach 3 oder 4 Tagen auf Würzegelatine aussät. *Lactobac. fragilis* ist an dem großen Breitenunterschied der sich aufteilenden Bazillen derselben Kolonie leicht kenntlich, während die Kolonien des *Lactobac. conglomeratus* aus Fäden und Stäbchen zusammengesetzt sind, die so gedreht und gewunden sind, daß man sie kaum als wirkliche Bakterien zu erkennen vermag. Man kann diese und noch andere Arten nach Beijerinck auch in spontan sauer gewordenen Trebern finden.

In einer auf diese Mitteilungen Beijerinck's sich beziehenden Bemerkung erklärt Henneberg (5) den von ihm beschriebenen und studierten Kulturmilchsäurebazillus als nicht identisch mit Beijerinck's *Lactobac. Delbrücki*, da Henneberg aus reifer (dreitägiger) saurer Maische fast stets nur eine Art Kolonien erhielt und es ihm auch nicht gelungen ist, eine Umwandlung des isolierten Bazillus in eine andere Varietät zu erzielen. Es wird demnach die Frage der Variation des Kulturmilchsäurebazillus und eventuell auch der anderen Milchsäurebazillen der Brennereimaischen noch weiterer Studien bedürfen.

§ 76. Schutz der Brennereimaische gegen Fremdkeime durch andere Maßnahmen.

Die Säuerung bedarf als spontane Gärung einer sorgfältigen Beachtung gewisser Bedingungen, und es ist daher nicht zu verwundern, daß sie ehedem häufig nicht den erwarteten Erfolg mit sich brachte und nur als ein notwendiges Uebel angesehen wurde. Man versuchte daher schon seit langem, sie durch andere, besser zu regelnde Verfahren zu

Bazillus-Art	Kolonien auf Agar	Mikroskopisches Bild der Zellen
B. Beijerincki	Klein, weiß.	In Maische 1- oder 2-zellig, auch langgliedrige Ketten. Zusammenkleben vieler Zellen charakteristisch.
B. Maerckeri	Weißlich.	In Agar einzeln oder zu zweien, (1,4—3,8 μ lang, 1 μ breit), in Maische auch zu mehreren in Flocken.
B. Delbrücki var. α	Groß, glänzend weiß, nach 24 Stunden 1—2 mm im Durchmesser. Auf Gelatine zarte Bäumchen.	Etwas länger, häufig nur 0,4 μ breit, dem Kulturmilchsäurebazillus ähnlich.
B. Listeri	Klein, weiß.	In Agar einzeln oder zu zweien, seltener lange Zellen oder mehrgliedrig. In Maischetröpfchen bis 140 μ lang.
B. Wortmanni	Weiß.	In Agar kurze einzelne Zellen (0,4 μ lang, 0,5 μ breit) oder zu 2, seltener 3—4.
B. Hayducki	Weiß, rund.	In Agar klein, vielfach gekrümmt (1,4—4,2 μ lang, 0,5 μ breit).
B. Buchneri	Weiß oder gelblichweiß, in Einem abhebbar.	In Agar einzeln, 2- oder 4-zellig. Auch lang, dünn (10 : 0,35 μ) und Fäden (25 μ und mehr).
B. Leichmanni I	Durchsichtig mit weißlicher Mitte	In Agar vielfach längere Zellketten mit Knäueln und Knoten.
B. Leichmanni II	Desgl.	Desgl.
B. Leichmanni III	Einfarbig weißlich, flach.	Desgl. In Maische sehr lange Zellfäden, erst nach der Färbung als Ketten erkennbar.

ersetzen. Es lag wohl an der Hand, zunächst den Ersatz der Milchsäure durch andere Säuren, insbesondere durch die wirksameren Mineralsäuren zu versuchen. Die Erfahrungen, die man durch solche Versuche ehedem gesammelt hat, konnten jedoch nicht befriedigen. Man darf aus Rücksicht auf die Hefe nur sehr kleine Mengen von Schwefelsäure oder Salzsäure anwenden, und der geringe Unterschied zwischen der notwendigen und der erlaubten Menge genügt der Praxis nicht. Ein erfolgreicher Ersatz der Milchsäure durch Schwefelsäure konnte erst in neuerer Zeit eintreten, als man besondere physiologische Zustände der Hefe kennen lernte, die namentlich durch eine entsprechende Verwendung geeigneter Nährmittel eintreten.

Den ersten mit einer anderen Säure erzielten bemerkenswerten Erfolg hatte Effront mit der Einführung der Fluorwasserstoffsäure in die Brennereien zu verzeichnen. Von den Erfahrungen ausgehend, die er bei der Maltosefabrikation gewonnen hatte, studierte Effront (2)

Bazillus-Art	Temperatur		Größte erzeugte Säuremenge in ccm Normallauge auf 100 ccm Würze	Sonstige Merkmale
	Optimum	Maximum		
B. Beijerincki	Erster Tag: 34—38° C, später: 27—32° C.	45° C.	5 ccm in 1 Tag bei 34° C.	Hefenzusatz lähmt etwas die Säuerung.
B. Maerckeri	35—36° C, später: 20—23° C.	47° C.	am 10. Tage 11,6 ccm „ 20. „ 12,0 „	Milch wird gesäuert.
B. Delbrücki var. a	44° C, später: 39—44° C.	—	In steriler Kornmaische 6,6 ccm, in pasteurisierter nur 3,3 ccm, in steriler Kartoffelmaische 3,3 ccm.	Nach 1 Jahr dieselben Eigenschaften.
B. Listeri	34° C.	41° C, später: 45° C.	12,4 ccm.	Keine Gärungserscheinung.
B. Wortmanni	33—40° C, später: 25—29° C.	40—45° C.	Am 7. Tage 12,8 ccm, „ 24. „ 14,2 „	—
B. Hayducki	45—46° C, später: 33—35° C.	über 46° C.	Am 7. Tage 12,2 ccm, „ 36. „ 16,4 „	Gärungserscheinungen.
B. Buchneri	39—40° C, später: 23—30° C.	über 47° C.	Am 16. Tage 14,5 ccm.	Gärungserscheinungen.
B. Leichmanni I	35—36,5° C, später: 20—27° C.	40—46° C.	Am 10. Tage 14,8 ccm.	Keine Gärungserscheinung; Trübung mit Flockenbildung.
B. Leichmanni II	Desgl.	Desgl.	In treberhaltiger Maische am 10. Tage 18 ccm, „ 19. „ 20,6 „	Unterscheidet sich von *B. Leichmanni I* durch das Verhalten gegen einige Zuckerarten und das Aussehen in Maische. Flockige Trübung, keine Gärungserscheinung.
B. Leichmanni III	Desgl.	Desgl.	In treberhaltiger Maische am 10. Tage 18,2 ccm.	Keine besondere Trübung, große Flocken am Boden.

den Einfluß der Fluorwasserstoffsäure auf die Nebengärungen und fand, daß von dieser Säure 8—10-mal weniger notwendig ist, um denselben Erfolg zu erzielen, als von Salzsäure und Schwefelsäure. Doch auch die Fluoride beschränken empfindlich die sauren Nebengärungen, was mit Rücksicht auf die Erhaltung der Diastase in den Maischen, die durch freie Säuren, also auch durch Flußsäure, empfindlich geschädigt werden kann, von besonderer Wichtigkeit ist. Die Flußsäure und die Fluoride wirken jedoch auch auf die Hefe ungünstig ein. Ein Zusatz von 3 mg dieser Säure zu 100 ccm einer Lösung von Zucker in destilliertem Wasser behinderte die Gärung schon bedeutend; 5,5 mg stellten sie schon völlig ein. Wurde aber statt des destillierten Wassers gewöhnliches genommen, so waren noch 5,5 mg Flußsäure fast ohne schädliche Wirkung, und

5,5 mg Kaliumfluorid wirkten sogar günstig auf das Gärvermögen der Hefe ein. Noch viel größere Mengen dieser Gifte verträgt die Hefe bei Gegenwart der nötigen Nährstoffe. In 100 ccm einer Maltosesiruplösung wirkten noch 12 mg Säure oder 50 mg ihres Kaliumsalzes günstig. Die verschiedenen Hefenrassen verhalten sich jedoch den Fluoriden gegenüber nicht gleich; die einen vertragen sie leicht, die anderen können in diesem Medium nicht leben. Die Vermehrungsfähigkeit der Hefe wird durch geringe Mengen dieser Verbindungen ebenfalls gesteigert. Bei Verwendung von 1 g Hefe pro Liter betrug das Maximum 2—4 mg Fluorammonium in 100 ccm. Größere Mengen vermindern die Vermehrung; mit 30 mg letzteren Salzes wurde dieselbe Anzahl Zellen erreicht wie ohne diesen Zusatz, mit 50 mg schon weniger. Bei Verwendung von 2 g Hefe (Preßhefe) pro Liter Nährflüssigkeit wurde das Maximum der Vermehrung mit 1 mg Fluorammonium pro 100 ccm erreicht; bei 16 mg bildeten sich schon weniger Zellen als in den Zuchten ohne Zusatz. Auch die Steigerung der Gärkraft hängt von der Menge der angewandten Hefe ab. Bei Verwendung von 0,5 g Preßhefe auf 1 l Maismaische und 10—30 mg Fluorammonium pro 100 ccm wurden statt 6,2 Proz. (ohne Salz) bis 10,9 Proz. Alkohol erreicht, bei Verwendung von 2 g Preßhefe pro Liter statt 9 Proz. nur 9,4 Proz. Alkohol. Auch fand EFFRONT (3), daß man durch 300 mg Fluorid auf 100 ccm mit Hefe versetzter Malzwürze das Wachstum der Hefe völlig einstellen und sie so durch 6 Monate konservieren könne. Die Acidität des Mediums übt einen großen Einfluß auf die antiseptische Wirkung der Fluoride aus; in neutralem ist sie fast Null und wächst mit der Acidität der Maische. Die Wirkung der Fluorverbindungen auf die Hefen ist eine doppelte. Sie wirken nicht nur als Antiseptika, sondern üben auch eine direkte Einwirkung auf die Zellen aus, indem sie, ähnlich wie die Milchsäure, deren Aktivität steigern; dabei ist die Gegenwart, bezw. Abwesenheit von Phosphaten von besonderem Einfluß. Durch die Behandlung mit Flußsäure werden die Hefen auch morphologisch verändert. Die Zellen werden erheblich kleiner, mit geschrumpften Formen und zeigen vielfach stark körniges Plasma.

Ursprünglich benützte EFFRONT (4) die Flußsäure bloß als Schutzmittel (anfangs 15—20 g, dann nur 5—15 g Flußsäure des Handels auf 1 hl Maische) ohne irgend etwas an der von der Technik innegehaltenen Arbeitsweise zu ändern. Die Flußsäure wurde hierbei auch zur Reinigung der Gefäße, Räumlichkeiten u. a. m. benützt. Sie bewährte sich in zahlreichen Brennereien, insbesondere aber dort, wo mangelhaftes Rohmaterial und überhaupt schwierigere Verhältnisse obwalteten. Allgemein wurde eine geringere Säurezunahme der Hauptmaische während der Gärung sichergestellt. EFFRONT's Angaben wurden besonders von MAERCKER (2) kontrolliert und als richtig anerkannt. Von den Fluoriden empfahl EFFRONT in erster Reihe das Ammoniumfluorid. CLUSS und FEBER (1) haben später das Fluoraluminium ($Al_2F_6 + H_2O$) als vorteilhaft erkannt.

Ein besonderes Interesse, auch vom allgemein biologischen Standpunkt aus, muß den weiteren Studien EFFRONT's beigemessen werden, welche sich auf das Anpassungsvermögen der Hefen und einiger anderer Mikroben an ganz bedeutend erhöhte Gaben verschiedener Antiseptika beziehen (vergl. Bd. I. S. 490). EFFRONT (5) gelang es, die gezüchteten Hefen schließlich bis auf 500 g einer 30-proz. Flußsäure pro Hektoliter zu gewöhnen und aus einer solchen Hefe mit Hilfe eines be-

stimmten genau angegebenen Vorganges eine auf Trebern angetrocknete Hefe darzustellen, welche nicht allein transportfähig ist, sondern auch jahrelang aufbewahrt werden kann, ohne an Gärkraft einzubüßen. Ihre Züchtung kann mittelst aller sich dazu eignenden Antiseptika (Flußsäure, Ameisensäure, Formaldehyd, Salicylsäure, Pikrinsäure etc.) durchgeführt werden. Zur Vergärung der Hauptmaische muß diese sodann ebenfalls Flußsäure enthalten, und zwar mindestens die Hälfte derjenigen (proz.) Flußsäuremenge, in welcher die Hefe gezüchtet worden ist. Dadurch wird aber gerade das Aufkommen der Spaltpilze vollkommen verhindert und der ganze Gärungsverlauf erscheint vollkommen gesichert. 10 MAERCKER (3), CLUSS (1), BÜCHELER (2) und ROTHENBACH (1) haben dieses Verfahren auf Grund eigener Erfahrungen günstig besprochen. WITTELSHÖFER (2) findet es nur als gleichwertig mit dem Milchsäureverfahren. EFFRONT (6) hat auch die Erreger der Milchsäure- und der Buttersäuregärung durch systematische Züchtung an größere Gaben antiseptischer 15 Stoffe gewöhnt. ULPIANI und SARCOLI (1) haben im Fluornatrium ein Mittel gefunden, die Alkoholgewinnung aus dem Safte der Kaktusfeige (*Opuntia*) industriell möglich zu machen, indem sie, ohne zu sterilisieren, eine an letztgenanntes Salz gewöhnte Hefe verwenden und dadurch den weniger Alkohol liefernden *Saccharomyces Opuntiae* unterdrücken. 20

Sehr interessant ist die Erklärung des Akklimatisationsmechanismus, wie sie neuere Studien EFFRONT's (7) gebracht haben. Die akklimatisierte Hefe verwandelt nämlich das in die Zelle eindringende Fluorid in unlösliches Fluorcalcium und eliminiert so dessen schädliche Wirkung; je höher die Hefe akklimatisiert ist, desto mehr Calcium (vergl. Bd. IV, 25 S. 87) enthält ihre Asche, wie folgende Tabelle zeigt:

Versuchsnummer	Grad der Akklimatisation Milligr. NH_4F im Liter	Aschengehalt	Kalkgehalt
1	0	5,2	1,65
6	1000	5,73	2,42
10	2000	6,95	3,48
15	3000	8,7	4,11

Auch andere Fluorverbindungen sind als Schutzmittel verwendbar. EFFRONT (8) selbst führt im Zusatzpatente vom Jahre 1889 noch Fluorbor-Gas, Fluorborsäure, Kieselfluorwasserstoffsäure, sowie die Salze dieser Säuren an. HOMEYER (1) fand, daß die Kieselfluorwasserstoffsäure sowie 30 die Borfluorwasserstoffsäure und die löslichen Salze dieser Säuren in erheblichem Maße gärungsverhindernde Eigenschaften haben. Nach HEINZELMANN (3) kann man im Brennereibetriebe mit Kieselfluorwasserstoffsäure dasselbe wie mit Flußsäure erreichen, nur muß man etwa die doppelte Menge nehmen. 35

Laboratoriumsversuche mit an Salzsäure akklimatisierter Hefe hat ROTHENBACH (1) durchgeführt. Diese Hefe gibt sehr gute Resultate solange sie nicht der Infektion unterliegt, welche der Salzsäurezusatz auf die Dauer nicht zu verhindern vermag. Ein ausgezeichnetes Mittel zur Bekämpfung der Brennereibakterien ist der Formaldehyd. 40 ROTHENBACH empfiehlt einen Zusatz von 3,5—4,5 g pro hl zum Bottich und 10—20 g zur Hefe. Aus den Versuchen von CLUSS und FEBER (1) erhellt, daß das Formol in Mengen von 25 g pro hl ein sehr brauchbares Antiseptikum zur Vergärung von Malzmaischen ist, aber in Maismaischen nicht so günstig wirkt. Auch den Akklimatisationsmechanis- 45

mus der Hefe bei Verwendung von Formaldehyd hat Effront (7) durch Versuche näher zu erläutern versucht. Er ist bei Verwendung von Formaldehyd ein anderer als bei Verwendung von Fluorwasserstoff. Die angestellten Versuche belehrten Effront, daß frische nicht akklimatisierte, wie auch akklimatisierte Hefe den Aldehyd durch eine Art Verdauung beseitigen, bevor sie die Gärung einleiten, und daß die Akklimatisation nur in der Entwicklung der Funktion besteht, welche die rasche Zerstörung des Aldehyds erleichtert. Letztere deutet darauf hin, daß dieser Vorgang nicht nur innerhalb, sondern auch außerhalb der Zellen stattfindet. Was für eine Substanz es ist, die hier wie ein Antikörper tätig ist, werden erst weitere Studien lehren.

Von vielen Seiten wurde auch die schweflige Säure so wie ihre Salze (s. Bd. IV, S. 135) als Antiseptikum zum Schutze der Maische statt der Säuerung versucht, aber die verwendbaren Mengen vermögen eine vollkommene Entfernung der Nebengärungen nicht herbeizuführen. Zudem werden die Maisch-, Kühl- und Destillier-Apparate stark angegriffen, und der erzielte Alkohol ist minderwertig. Die Verwendung unterschwefligsaurer Salze zur Verbesserung der Maisch- und Gärführung ist Kusserow (1) patentiert worden.

Alliot (1) akklimatisiert die Weinhefe für Melassenmaischen an ein Destillat, welches durch einen teilweisen Abtrieb einer mit Schwefelsäure versetzten Melassenlösung entsteht und gibt auf 1 l Hefe das Destillat von 250—300 g Melasse.

Nach Laboratoriums- und Betriebsversuchen kann auch die Ameisensäure, wie H. Lange (2) berichtet, als antiseptischer Zusatz zum gesäuerten Hefengut mit Vorteil verwendet werden (vergl. Bd. IV, S. 137).

G. Jacquemin (1) akklimatisiert die Hefe an Kupfersalze (s. Bd. IV, S. 126) gewisser Mineralsäuren oder organischer Säuren oder an ein Gemenge von Ameisensäure und Kieselfluorwasserstoffsäure und vergärt mit solcher Hefe Maischen, die einen Zusatz dieser Antiseptika erhalten haben.

Die Salicylsäure (s. Bd. IV, S. 139) wird von Heinzelmann (4) empfohlen, und zwar in der Menge von 0.1 g pro Liter Hefenmaische mit Malz zusammengemaischt, als Mittel zur Aufbesserung und Reinigung der Hefe, wo die Säuerungstemperatur nicht hoch genug gehalten werden kann.

Die Verwendung von Schwefelkohlenstoff ist A. B. Goerner (1) in Lissabon patentiert. Auf 10 hl Maische sollen 1—2 g zugesetzt werden. Nach Berichten aus der Praxis ist er teils mit, teils ohne Erfolg angewandt worden.

Die Verwendung des Wasserstoffsuperoxydes (wie auch der Superoxyde der Alkalien und alkalischen Erden) ist für G. Pommer und P. Ebell (1) patentiert worden. Je nach Umständen sind 0,1—0,2 Teile der 3-proz. Lösung von Wasserstoffsuperoxyd auf 100 Teile Würze zu verwenden.

Die gleichzeitige Anwendung von Schwefelkohlenstoff und Wasserstoffsuperoxyd wurden von Goerner (2) empfohlen.

Chinin-Zusatz soll nach Christek (1) eine gärkräftige Hefe liefern. Das Chinolin soll nach J. Donath (1) schon in geringer Menge die Entwicklung von Bakterien hindern. Die Milchsäuregärung wird bereits in einer 0,2-proz. Chinolinlösung unterdrückt, dagegen soll das Chinolin gegen Hefenzellen auffallend unwirksam sein, die 5-proz. Lösung soll die alkoholische Gärung noch nicht im geringsten hemmen.

Harze des Handels, Harzsäuren oder Lösungen dieser Stoffe verwendet P. EFFRONT (9) als Zusatz zur Maische und es soll sich dieses Verfahren namentlich in Melassenbrennereien (s. S. 283) sehr gut bewährt haben.

Wismutsalze wurden von U. GAYON und G. DUPETIT (1) mit Erfolg in den Brennereien von LEURENT bei Bordeaux und von ANDRÉ BERNARD ET TILLOY in Courrières angewandt.

Der Hopfen wird schon seit Jahrhunderten als Zusatz zum Hefengut angewandt. Empfohlen werden 120 g auf 100 l Maische. Vergl. dazu S. 102.

Ein Verfahren, welches die Milchsäure durch eine in der Hefenmaische durch Einwirkung alkalischer Substanzen auf einen Teil des vorhandenen Zuckers gebildete organische Säure zu ersetzen trachtet, ist R. GÉDULD (1) patentiert worden.

Ein „Verfahren zur Herstellung von Kunsthefe mittelst Milchsäure und flüchtiger Säuren der Fettsäurereihe ohne Pilzsäuerung" ist dem „Vereine der Spiritusfabrikanten in Deutschland" unter D. R. P. 127355 vom 16. Februar 1900 ab patentiert worden. Es gründet sich auf die schon auf S. 292 angeführte Beobachtung des Berliner Institutes für Gärungsgewerbe, daß eine bis zu 30 Proz. aber nicht unter 5 Proz. Buttersäure (welche nach einem Zusatz-Patente auch durch Einimpfen der Gärerreger erzeugt werden kann) enthaltende Milchsäure als direkter Zusatz statt der Säuerung mit Nutzen zur Kunsthefenbereitung verwendet werden kann.

Auch die Anwendung des elektrischen Stromes (vergl. Bd. I, S. 458) wurde zur Verhinderung der Spaltpilzentwicklung statt der Säuerung empfohlen, zunächst von MÉRITENS (1) und dann von MOLLER (1). Nach letzterem sollen Ströme von einer Stärke bis zu 5 Ampère bei einer Einwirkungsdauer von 15—45 Minuten die Arten von *Saccharomyces cerevisiae* günstig beeinflussen; die sie verunreinigenden Spaltpilze sollen dabei getötet werden.

Eine besondere Aufmerksamkeit erregten in den letzten Jahren in Brennereikreisen drei patentierte Verfahren, welche bei vollständigem Wegfall der Säuerung und Ersatz der Milchsäure durch Schwefelsäure zum Teile noch andere Vorteile bieten. Es sind dies die nach den Erfindern benannten Kunsthefen-Verfahren von M. BÜCHELER, von EMIL BAUER und von WERNER KUES.

Das Verfahren von BÜCHELER (3) ist dadurch charakterisiert, daß bei demselben durch einen in ganz bestimmten (durch die Methylviolett- bezw. Methylorange-Reaktion erkennbaren) Grenzen sich bewegenden Zusatz von Schwefelsäure oder Phosphorsäure die Zerlegung der organischsauren Salze des Hefengutes derart angestrebt wird, daß sich niemals freie Mineralsäure in der Hefenmaische befinde.

Die Verfahren von E. BAUER und W. KUES beruhen ebenfalls auf einer Ansäuerung des Hefengutes mittelst Schwefelsäure; aber das Wesentliche derselben ist der Zusatz eines besonderen, geeigneten, aus Bierhefe dargestellten Nährpräparates, wodurch die Hefe physiologisch derart beeinflußt wird, daß sie eine intensivere und ausgiebigere Gärtätigkeit entfaltet, und die Säuerung deshalb unnötig wird. Der Nährstoffgehalt des Nährpräparates ermöglicht es ferner, daß bei der Bereitung der Hefenmaische mit dem Malze gespart werden, beziehungsweise der Malzzusatz ganz wegfallen kann.

Das Kunsthefenverfahren von EMIL BAUER (1) ist auf die Ver-

wendung eines aus Bierhefe durch Selbstverdauung gewonnenen, von den Hopfenbestandteilen nicht befreiten Nährmittels gegründet, welches der verzuckerten und mit Mineralsäure (Schwefelsäure, Salzsäure, Phosphorsäure) angesäuerten Maische zugesetzt wird, worauf dieselbe durch 5 Hitze sterilisiert, gekühlt und wie gewöhnlich mit Mutterhefe oder Reinhefe vergoren wird. Die durch Proteolyse (s. 20. Kap. d. IV. Bds.) aus der Bierhefe gewonnenen stickstoffhaltigen Nährkörper beeinflussen die Gärtätigkeit der Hefe doppelt so stark wie diejenigen des Hefendekoktes. Nach Laboratoriumsversuchen von BANDROWSKI (1) kann der BAUER-10 sche Hefenextrakt die Malzzugabe vertreten, wenn die Hefenmaische genügend konzentriert ist.

W. KUES (1) verwandelt die Bierhefe in ein trockenes, pulverförmiges Nährpräparat und proteolysiert den Zellinhalt der Hefe auf rein chemischem Wege durch Zusatz von saueren Phosphaten, ins-15 besondere Doppelsuperphosphat. Dieses Pulver ist unbegrenzt haltbar, wird zur Verwendung mit heißem Wasser verrührt und sodann dem als Hefenmaische bestimmten, mit Schwefelsäure angesäuerten Anteil der Hauptmaische zugesetzt, worauf gekühlt und wie üblich mit Mutterhefe oder Reinhefe angestellt wird. Ich hatte Gelegenheit, dieses Verfahren 20 in der (meiner Oberleitung anvertrauten) Kartoffelbrennerei zu Groß-Popowitz in Böhmen zu kontrollieren und hatte daselbst eine Ausbeute von 63 Literprozent Alkohol pro 1 kg verarbeiteter Stärke sichergestellt, eine Ausbeute, die bei dem Milchsäureverfahren dortselbst niemals erreicht worden ist.

25 Es mag hier schließlich noch bemerkt werden, daß der Malzkeimextrakt in einer ähnlichen Weise wie bei den vorangeführten Verfahren schon im Jahre 1880 zur Hefenbereitung verwendet worden ist. Der Malzkeimextrakt nach MARQUARDT (bei 88° C im Vacuum eingedickt) soll nämlich nach Graf HEGNENBERG (1), in einer Menge von 5—7 Proz. 30 der abgekühlten, süßen, mit Salzsäure angesäuerten Maische zugesetzt, die Milchsäuregärung völlig ersetzen.

Literatur

zum Kapitel Säuerung des Hefengutes der Brennereien etc.

*__Alliot,__ H., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1902, Bd. 135, S. 45. *__Bahr,__ H., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1897, S. 335. *__Balling,__ C. J. N., (1) Gärungschemie, 1845, S. 54 u. 55. *__Bandrowski, von,__ (1) Zeitschr. f. d. landwirtsch. Versuchswesen in Oesterr., 1904; Z. f. Spiritusindustrie, 1904, S. 309. *__Bauer,__ Emil. (1) D.R.P. 130072; Z. f. Spiritusindustrie, 1901, S. 308; 1902, S. 368; 1903, S. 25. *__Beijerinck,__ M. W., (1) Archives néerland. des sciences exactes et nat., 1901; Z. f. Spiritusindustrie, 1902, S. 531. *__Bohm,__ C. G., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1886 S. 114. *__Bokorny,__ Th., (1) Chem.-Ztg., 1901, Nr. 34; Centralbl. f. Bakt, 2. Abt., 1902, Bd. 8, S. 508; 1903, Bd. 10, S. 257. *__Bücheler,__ M., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1901, S. 98. — (2) Ebenda, 1895, S. 221. — (3) Ebenda, 1901, S. 412. *__Christek,__ W., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1897, S. 355. *__Cluss,__ A., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1894, S. 241; 1895, S. 166. *__Cluss,__ A., und __Feber,__ A., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1898, S. 2 u. 29. *__Delbrück,__ M., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1877, S. 70. — (2) Ebenda, 1878, Extranummer, S. 8. — (3) Ebenda, 1879, S. 95. — (4) Ebenda, 1881, S. 1 u. 14. — (5) Ebenda, 1881, S. 117. — (6) Jahrbuch d. Vereines d. Spiritus-Fabrikanten in Deutschland, 1901, S. 37. *__Delbrück,__ M., und __Schrohe,__ A., (1) Hefe, Gärung und Fäulniß. Berlin 1904. *__Donath,__ J., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1881, S. 1769. *__Effront,__ J., (1) Ann. Pasteur, 1896; Moniteur scientifique, 1897, S. 70. — (2) Moniteur scientifique, 1890, S. 449 u. 1020; 1891, S. 254. — (3) Ebenda, 1891, S. 1137. — (4) Z. f. Spiritusindustrie, 1891, S. 64. — (5) D.R.P. 95412. — (6) Z. f. Spiritusindustrie, 1894, S. 243. — (7) Moniteur scientifique, 1905, S. 19. — (8) Z. f. Spiritusindustrie, 1891, S. 64. — (9) D.R.P. 146499; Moniteur scientifique, 1905, S. 721. *__Foth,__ G., (1) Jahrbuch d. Vereines der Spiritus-Fabrikanten in Deutschland, 1904, S. 62. *__Gayon,__ U., und __Dupetit,__ G., (1) Moniteur scientifique,

1886, S. 1440. ***Géduld,** Robert, (1) D.R.P. 68702 v. 21. 7. 1892; Z. f. Spiritusindustrie, 1893, S. 142. ***Goerner,** A. B., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1891, S. 395. — (2) Moniteur scientifique, 1892, S. 351. ***Goslich,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1901, S. 147. ***Hayduck,** M., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1881, S. 341. — (2) Ebenda, 1887, Ergänzungsheft, S. 25. ***Hegnenberg,** Graf, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1880, S. 104. ***Heinzelmann,** G., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1897, S. 327. — (2) Ebenda, 1901, S. 61. — (3) Ebenda, 1890, S. 267. — (4) Ebenda, 1883, S. 564. ***Henneberg,** W., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1905, S. 271. — (2) Ebenda, 1905, S. 253. — (3) Ebenda, 1901, S. 371; 1903, S. 226. — (4) Ebenda, 1904, S. 85. — (5) Ebenda, 1903, S. 317. — (6) Ebenda, 1905, S. 261. ***Hesse,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1889, S. 298. ***Homeyer,** F. J., (1) Pharmazeut. Ztg., 1889; Z. f. Spiritusindustrie, 1891, S. 113. ***Jacquemin,** G., (1) Franz. Patent 307950 u. 2238; Z. f. Spiritusindustrie, 1905, S. 451. ***Johnson,** (1) J. federated Inst. Brewing, 1904, Nr. 1; Z. f. Spiritusindustrie, 1904, S. 463. ***Juslin,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1886, S. 219. ***Kořínek,** J., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1898, S. 107. ***Koser,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1890, S. 3. ***Kruis,** K., (1) Oesterr.-ungar. Brennereizeitung, 1887, S. 195; 1890, S. 31. ***Kruis,** K., und **Rayman,** B., (1) Rozpravy České Akademie císaře Františka Josefa, II. tř., 15. XI. 1893; Mitt. d. Versuchsstation f. Spiritusindustrie in Prag, 1894, 2. Heft. ***Kues,** Werner, (1) D.R.P. 158655; Z. f. Spiritusindustrie, 1904, S. 174. ***Kusserow,** R., (1) D.R.P. 152136; Z. f. Spiritusindustrie, 1904, S. 269. ***Lafar,** F., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1895, Ergänzungsheft, S. 29. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 194; 1901, Bd. 7, S. 871. ***Lange,** H., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1899, S. 175. — (2) Ebenda, 1905, S. 341. ***Leichmann,** G., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 281. — (2) Z. f. Spiritusindustrie, 1896, S. 305. ***Lindner,** P., (1) Mikroskopische Betriebskontrolle etc. — (2) Z. f. Spiritusindustrie, 1887, S. 169. ***Lüdersdorff,** F., (1) Praktische Anleitung z. Branntweinbrennen von J. L. Pistorius. Zweite Aufl. Berlin 1841, S. 395. — (2) Ebenda, S. 378. — (3) Ebenda, S. 46 u. 399. ***Lühder,** E., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1905, S. 450. ***Maercker,** M., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1880, S. 337. — (2) Ebenda, 1891, Ergänzungsheft, S. 22. — (3) Ebenda, 1894, Ergänzungsheft, S. 21. ***Méritens, de,** (1) Französ. Patent 204600 v. 26. 3. 1890; Moniteur scientifique, 1890, S. 1099. ***Moller,** F. J., (1) D.R.P. 81228; Z. f. Spiritusindustrie, 1895, S. 37 u. 185. ***Neale,** A. T., (1) Zeitschr. d. Verein. f. Rübenzucker-Industrie, 1879, Bd. 29, S. 979. ***Pasteur,** L., (1) Cit. n. Delbrück und Schrohe (1). ***Polzin,** R., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1899, S. 451; 1901, S. 321. ***Pommer,** G., und **Ebell,** Paul, (1) D.R.P. 28071; Z. f. Spiritusindustrie, 1884, S. 694. ***Prior,** E., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1896, S. 71. ***Rothenbach,** F., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1896, S. 327. ***Schrohe,** A., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1895, S. 134. ***Suttor,** J., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1896, S. 386. ***Ulpiani,** C., und **Sarcoli,** L., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1902, S. 521. ***Thol,** (1) Cit. n. Wehmer (1). ***Wehmer,** C., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1901, S. 137. — (2) Ebenda, 1898, S. 342. ***Werenskiold,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1881, S. 114. ***Wittelshöfer,** P., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1883, S. 286. — (2) Ebenda, 1895, S. 181.

(*Manuskript-Einlauf: 29. Jan. 1906.*)

12. Kapitel.

Betriebsstörungen und Betriebskontrolle.

Von

Prof. Dr. Paul Lindner.

§ 77. Häufigere Betriebsfehler und ihre Nachweisung.

Die Betriebsstörungen, soweit sie mykologischer Natur sind, brauchen nicht lediglich Infektionen zur Ursache zu haben. Auch die Kulturhefe oder der Kulturmilchsäurebazillus können versagen, sofern das ganze Betriebsklima ihnen nicht zusagt, unter welch letzterem Ausdrucke wir 5 nicht nur die Zusammensetzung der Maische und Würze sondern auch

deren Konzentration, Temperaturverhältnisse, Gegenwart von gärungshemmenden oder fördernden Stoffen u. dgl. begreifen. Die Betriebskontrolle umfaßt infolgedessen nicht bloß die jeweilige Feststellung des Infektionsgrades sondern auch die genauere Ermittlung des physiologi-
5 schen Zustandes des Kulturmikroben und weiterhin der Bedingungen, durch welche letzterer, sofern er als krankhaft zu bezeichnen ist, wieder in den normalen Zustand gebracht werden kann.

In der Brennerei soll zur Erzielung höchster Ausbeuten nicht nur der Endvergärungsgrad angestrebt werden — Vergärung des vorhan-
10 denen Zuckers — sondern es soll auch noch während der Gärung neuer Zucker mit Hilfe erhalten gebliebener Malzdiastase gebildet werden, und zwar aus den beim Maischprozeß entstandenen Dextrinen. Ob in der Maische noch Diastase vorhanden ist, schließt man aus der Blaufärbung der Maischeprobe nach Zugabe von alkoholischer Guajakharz-
15 lösung und Wasserstoffsuperoxyd. Diese Reaktion wird in den letzten Jahren bei Betriebsrevisionen gern zu Hilfe genommen, da sie innerhalb weniger Minuten eine orientierende, wenn auch nicht immer völlig einwandsfreie Auskunft gibt, da auch andere Enzyme, wie die Glucase, in gleicher Weise reagieren. Zuverlässiger, wenngleich einige Tage bean-
20 spruchend, dürfte die Anwendung der Wijsman'schen Stärkegelatineplatte (s. S. 160) sein, die man mit Maischetropfen betupft und dann unter einer Glasschale in einer Chloroformatmosphäre hält. Die Diastase diffundiert in die trübe Gelatine und erzeugt durch Verzuckerung der Stärke durchsichtige kreisförmige Felder, die bei Behandlung mit Jod-
25 jodkaliumlösung im Unterschied zur trüben Gelatine keine Blaufärbung mehr geben. Ein weiterer Nachweis der Diastase würde durch die Zuckerbildung in Stärkekleister, dem etwas von der zu untersuchenden Maische zugesetzt ist, zu erbringen sein. Stellt sich ein Diastasemangel in der Maische heraus, so liegt der Fehler entweder im
30 Malz selbst oder im Maischprozeß. Der Nachweis einer genügend verzuckernden Kraft des angewandten Malzes, sei es Grünmalz, das ja in der Kartoffelbrennerei vorwiegend gebraucht wird, oder Darrmalz, wird vorerst zu erbringen sein. Wie bereits auf S. 359 bemerkt worden ist, sind die mittelgroßen, stickstoffreichen Gersten am geeignetsten zur
35 Herstellung von Brennereimalz. Es sei noch erwähnt, daß zufolge Effront (1) ein bei 15° C gekeimtes Malz das Maximum der diastatischen Kraft nach 10—11 Tagen erreicht; später sinkt dieselbe wieder. Ein Malz, welches schon in der Weiche erstickt ist oder auf der Tenne sich überhitzt hat, oder welches zu hoch abgedarrt ist, kann unmöglich
40 bei dem Verzuckerungsprozeß genügen und für die Gärung vorhalten. War es überdies sehr keimbeladen, so droht noch die Gefahr einer falschen Säurung in der Maische. Der Brenner soll hoch genug abmaischen, um möglichst viel Bakterienkeime zu töten; er soll aber auch die Diastase des Malzes möglichst schonen, und dies kann er nur bei
45 der Wahl einer niedrigeren Abmaischtemperatur. So pendelt er zwischen zwei Gefahren, und er muß eben ausprobieren, welche von beiden ihm den geringeren Schaden bringt. Es möge hier auf einen diesbezüglichen Aufsatz von Delbrück (1) hingewiesen werden.

Ist beim Maischprozeß das Malz zum größten Teil verbrüht worden,
50 so daß die noch wirksame Diastase die vollständige Verzuckerung der Maische nicht mehr besorgen kann, dann stellen sich natürlich schlechte Gärungserscheinungen und niedrige Ausbeuten an Alkohol ein. Ist gar noch Stärkekleister durch Jod nachweisbar, dann hat die Hefe kaum

die Kraft, eine ordentliche Bewegung in die Masse zu bringen, und schädliche Bakterien können mit ihr in Konkurrenz treten. Zugabe von Malz oder Malzauszug ist hier das einzige Mittel, welches noch helfen kann.

Mitunter ist beim Aufschließen der stärkehaltigen Rohmaterialien durch zu langes Dämpfen oder bei zu hohem Druck der Grund zu einer schlechten Gärung gelegt, indem hierbei Veränderungen der Eiweißstoffe (vergl. Bd. IV, S. 103) eintreten, welche die Hefenernährung ungünstig beeinflussen. Braungefärbte Maischen deuten auf zu hohe Temperaturen beim Dämpfen und auf zu lange Dauer desselben hin. Man hat sich zu dem Dämpfen bei sehr hohem Druck dadurch verführen lassen, daß man einen höheren Extrakt in den Maischen fand. So hat man z. B. behauptet, daß Mais, bei 4 at längere Zeit gedämpft, mehr Zucker geliefert hätte. Nach Foth (1) ist dieser Zuwachs von Extrakt aber nicht Zucker, sondern eine unvergärbare Substanz. Besonders unzweckmäßig ist zu hohes Dämpfen bei unreifen oder gefrorenen, zuckerhaltigen Kartoffeln, weil in diesem Fall der Zucker caramelisiert wird, was nicht nur einen Verlust an Alkohol, sondern auch eine Schädigung der Hefe (vergl. Bd. IV, S. 138—139) bedingt.

Wir wollen jetzt einmal annehmen, die Verzuckerung der Maische wäre tadellos verlaufen, Diastase wäre noch genug vorhanden und schädliche Substanzen fehlten. Worauf können trotz alledem eintretende mangelhafte Gärungen sich gründen? Hier kann zunächst an eine nicht genügend kräftige Hefe gedacht werden.

Solange man noch keinen Bezug von Reinhefe kannte, war die übersommerte Hefe (s. S. 101) in der Regel nicht den Ansprüchen gewachsen, die man sofort an sie am Beginn der Kampagne stellte. Auch die häufig von Kaufleuten oder Bäckern bezogene Bäckerhefe schlug oft nicht gut ein. Lindner (1) fand in einem den Sommer über in einem Brunnen aufbewahrten Hefengut neben Milchsäurestäbchen und Pediokokken fast nur noch Zellen einer kleinen Hefe vom Typus des *Sacch. exiguus* lebend vor. Daß man mit der Nachzucht einer solchen Aussaat keine normalen Gärungen zu erzielen vermöchte, ist vorauszusehen. Hier hätte man also gleich von vornherein Mißerfolge zu gewärtigen. Ob die mit dem Grünmalz eingeführten Hefen (s. S. 260) infolge Entwicklung von Fruchtäthern eine schädliche Rolle spielen, ist noch nicht näher verfolgt. Es ist bereits auf S. 263 darauf hingewiesen worden, daß namentlich auf gequetschtem Grünmalz, das sich stark erhitzt hat, Fruchtätherhefen sich enorm vermehren können. Daß solche Selbsterhitzung des gequetschten Malzes auf seine peptischen und Verzuckerungs-Enzyme nicht günstig einwirken dürfte, ist als sicher anzunehmen. Bei dieser Gelegenheit sei auch darauf hingewiesen, daß auch Darrmalz, sofern es beim Schroten zu stark sich erhitzt, minderwertig wird. Die regelmäßige Kontrolle der Malzquetschen und Schrotmühlen ist eine wichtige Sache. Grünmalz wird zweckmäßig wiederholt gequetscht, bis es fast teigartig und gleichmäßig zerkleinert ist. Ein Verlust an Diastase kommt auch oft dadurch zustande, daß man die Maischenentschaler zu frühzeitig in Tätigkeit setzt und dadurch eine Menge Malz, namentlich sofern dies nicht fein genug geschroten war, dem Verzuckerungsprozeß entzieht. Der Entschaler soll erst am Ende des Kühlens der Maische in Tätigkeit kommen. Malzschrot darf nicht zu warm aus der Mühle kommen und so eingesackt werden.

Die größte Aufmerksamkeit ist der Kunsthefenbereitung zu

widmen: denn hier liegt die Quelle des Guten oder des Bösen. Mit einer Reinkultur des Milchsäurebazillus gesäuerte und mit Reinhefe angestellte Maische sichert am ehesten eine gute Gärung der Hauptmaische. PAROW (1) berichtet, daß vereinzelt die sauere Hefenmaische erst auf 5 81 ° C erhitzt wurde, ehe ein Teil davon zum Ansäuern der nächsten Hefenmaische abgenommen wurde. Hier sind natürlich alle Milchsäurebakterien getötet, und was sich dann in der neuen Hefenmaische entwickelt, hängt ganz vom Zufall ab. Das Ansäuern der Hefenmaische geschieht am besten erst zwei Stunden nach der Verzuckerung 10 mit 1—2 Litern des unaufgekochten saueren Hefengutes oder mit frisch bezogener Reinkultur des Milchsäurebazillus. Wichtig ist das Ausbrühen der Hefengefäße vor dem Bemaischen derselben: geschieht dies nicht, oder wird auch kein Desinfektionsmittel angewendet, dann bildet sich selten eine schöne feste Decke, diese wird vielmehr an den 15 verschiedensten Stellen durch wilde Gärung durchbrochen.

Nach Mitteilungen von LINDNER (2) hat sich auf diese Weise in Preßhefenfabriken nach dem alten Verfahren häufiger eine geringe Haltbarkeit der Hefe ergeben. Die Verhältnisse wurden durch Führung der Kunsthefe in ausgebrühten Gefäßen und durch Säuernlassen der Haupt- 20 maische während 6—9 Stunden ganz bedeutend verbessert. In einer bereits gesäuerten Maische können wilde Bakteriengärungen nicht so leicht aufkommen wie in süßen Maischen. HENNEBERG (1) ist es z. B. nicht gelungen, eine bereits sauer gewordene Hefenmaische mit wilden Milchsäurebakterien zu infizieren. Wie der Nachweis zu führen ist, ob 25 in einer Hefenmaische oder in der Hauptmaische wilde Mikroben vorhanden sind, ergibt sich aus den Arbeiten von HENNEBERG. Er benützt entweder die Tröpfchenkultur (s. S. 171) oder die Anreicherungsmethode oder die Plattenkultur in Maischeagar. Die zweite Methode läßt bereits geringe, für die Praxis nicht mehr nachteilig wirkende Spuren wilder 30 Mikroben erkennen, insbesondere dann, wenn am Ende der Anreicherung die Tröpfchenkultur zur Charakterisierung der Mikroben mit herangezogen wird. Für den Praktiker ist die dritte Methode wegen der dafür erforderlichen besonderen Nährböden im allgemeinen zu umständlich; es bleibt somit für ihn zunächst, weil leicht ausführbar und ge- 35 nügend scharf, die erste Methode empfehlenswert.

Bei der biologischen Analyse der wilden Gärungen oder der in den Holzwandungen (s. S. 157) u. dergl. sitzenden Vegetationen ist die Frage von besonderem Interesse, ob und welche der Mikroben Säurebildner sind. Hier leistet BEIJERINCK's (1) Kreidegelatine- bezw. Agarplatte 40 gute Dienste, bei anaeroben Formen seine Mycodermakammer. Rings um solche Kolonien, welche Säurebildner enthalten, entsteht infolge Bildung löslicher Kalksalze ein durchsichtiges Diffusionsfeld. Bei Essigsäurebakterien kann dieses durch den Einfluß benachbarter Kolonien von gärungsfähigen Hefen und die dadurch bedingte Zufuhr von Alkohol 45 beträchtliche Dimensionen annehmen. Auch durch Verdunstenlassen von Alkohol in dem Kulturgefäß wird dieselbe Wirkung erzielt. Um in Plattenkulturen die echten „aktiven“ Milchsäurebakterien schnell ausfindig zu machen, benützt BEIJERINCK (2) Wasserstoffsuperoxyd (s. S. 298). Es genügt, einen Tropfen davon einer abgehobenen Kolonie zuzusetzen, 50 um zu entscheiden, ob dasselbe zersetzt wird oder nicht. Merkwürdigerweise lassen die „aktiven“ Milchsäurebakterien im Gegensatz zu den anderen Mikroben Wasserstoffsuperoxyd intakt.

Ein besonderes Augenmerk ist bei Anwendung der Plattenkultur auf die

Entwicklung von Kolonien schleimbildender Arten zu richten: namentlich für Melassenbrennereien, die hin und wieder unter Schleimgärungen durch den *Leuconostoc mesenterioides* zu leiden haben, ist dieser Punkt bei der Untersuchung der angelieferten Melassen wichtig. Ob hin und wieder bei der so gefürchteten Schaumgärung der Brennereien schleimbildende 5 Stäbchenbakterien eine Rolle spielen (vergl. S. 314), ist noch genauer zu erforschen. Inwieweit die Kulturmethode im sogen. Vaselineinschlußpräparat hier Dienste leisten kann, ist ebenda angedeutet. Diese Methode sowie die Adhäsionskultur (s. S. 171) gestatten die fortgesetzte Beobachtung der Entwicklung der schleimbildenden Vegetationen, ins- 10 besondere auch die Feststellung, ob die Schleimbildung nur eine vorübergehende Phase der Entwicklung darstellt. Bei Säurebildnern zerstört die gesteigerte Säuremenge den Schleim unter Umständen wieder. Wir haben sowohl schleimbildende Pediokokken (*P. viscosus* Lindner) als schleimbildende Stäbchenbakterien (*Bac. viscosus* H. van Laer) kennen 15 gelernt; bei beiden kann die schleimig gewordene Flüssigkeit nachträglich wieder leichtflüssig werden.

Bezüglich des Auftretens gallertiger Massen in Melassenbrennereien (vergl. S. 284) möge eine briefliche Mitteilung von Pollitzer Erwähnung finden: „Die von den Zuckerfabriken gelieferte Melasse ent- 20 hielt durchschnittlich 50 Proz. Zucker bei 42 ° Bé. Nach einer Lagerung von ca. 6 Monaten wurde dieselbe verarbeitet. Dabei wurde die überraschende Wahrnehmung gemacht, daß die Melasse nur ca. 46 Proz. Zucker bei 42 ° Bé hatte. Die aus dieser Melasse erzeugten Süßmaischen schieden kolossale Mengen Gallerte aus, so daß das Ablaufrohr oft ver- 25 stopft und der Boden des Gefäßes ziemlich hoch bedeckt war. In 40 hl Maische von 16 ° Balling fand sich eine Menge von 170 l Gallerte, in 40 hl von 21 ° Balling eine solche von 250 l.“ Eine Verhütung einer solchen Epidemie kann wohl nur durch genügende Sterilisation der Melasse vor der Verdünnung (vergl. S. 281) und durch gründliches 30 Desinfizieren sämtlicher Gefäße und Bottiche erzielt werden. Auch das Wasser muß auf *Leuconostoc* u. dergl. untersucht werden. Nach Bauer (1) werden ähnliche Gallertbildungen in Melasse, wenn auch selten, durch eine oder einige Arten stäbchenförmiger Bakterien, z. B. durch *Bact. pediculatum* (s. Bd. I, S. 53), hervorgerufen. Schon im Rübensaft sind zahlreiche 35 schleimbildende Arten vorhanden; Näheres darüber im 24. Kapitel des II. Bandes. Ueber Schleimbildung durch *Dematium* vergl. man S. 238.

In saueren Kartoffel- wie in Melassenmaischen kommen nach Bauer (1), wenn auch selten, schleimbildende Diplokokken von außerordentlicher Durchsichtigkeit und Feinheit vor, deren Schleim die Hefen 40 einhüllt und in ihrer Tätigkeit hemmt. Um die eigentlichen Bakterienzellen innerhalb ihres Schleimes zu erkennen, muß man zumeist Färbungen vornehmen.

§ 78. Die sogen. Schaumgärung in der Spiritusbrennerei.

Während bei dem normalen Gange der Gärung in den Bottichen 45 der Kartoffelbrennereien der auf der Oberfläche der gärenden Maische liegende Schaum in demselben Maße in seinen oberen Schichten wieder vergeht, als von unten her neue Gasblasen nachschieben, zeigt hingegen ein in Schaumgärung stehender Bottich ein anderes Bild; die obersten Blasen platzen nicht, die Mächtigkeit der Schaumdecke wächst immer 50

mehr, der ganze Bottichinhalt scheint in kochender Wallung zu stehen und wälzt dicke Schaumfladen, welche in dem Steigraume nicht mehr Platz haben, über den Bottichrand hinaus. Dies führt schon an und für sich zu Verlusten und wird zudem in solchen Ländern sehr peinlich, 5 deren Steuervorschriften ein Auffangen der überlaufenden Massen verbieten. In vielen Fällen vermag man dieses Uebel dadurch entweder ganz zu unterdrücken oder doch stark einzudämmen, daß man etwas Oel auf den Bottichinhalt gießt, sobald man die Schaumgärung kommen sieht. Bei der mikroskopischen Untersuchung in Schaumgärung befind- 10 licher Bottichproben findet man in den meisten Fällen außer Hefen und Stäbchenbakterien nichts Auffälliges. Es kann also nur in diesen oder in der Zusammensetzung der Maischen die Ursache der Erscheinung zu suchen sein. Die praktische Erfahrung weist zunächst darauf hin, daß gewisse Kartoffelsorten, und zwar besonders die stärkeärmeren Früh- 15 kartoffeln, eine Neigung für die Schaumgärung schaffen; in solchen Maischen kann nicht bloß *Rasse II*, sondern auch *Rasse XII*, bei der man sonst die geringe Neigung zur Schaumgärung (s. S. 286) besonders schätzt, die letztere kräftig erzeugen. Daß jedoch nicht der Stärkegehalt als solcher ausschlaggebend ist, beweist eine Angabe von 20 Wittelshöfer, nach der gelegentlich auch bei außergewöhnlich stärkemehlreichen Kartoffeln Schaumgärung beobachtet worden ist.

Beim Maischprozeß richtet man sich nach der Jodprobe, in der Annahme, daß mit dem Verschwinden der Blaufärbung alle Stärke in Zucker oder Achroodextrine übergeführt ist. Wir wissen aber, daß 25 eben verzuckerte Maische mit Jod und Schwefelsäure noch eine Zeitlang das Stärkegerüst, die Stärkecellulose Nägeli's, zum Vorschein kommen läßt. In der Maischflüssigkeit unmittelbar nach der Verzuckerung sind also schleimige Flocken noch vorhanden. Nach Beijerinck geht aus dieser Nägeli'schen Stärkecellulose Dextrin und Glucose hervor, und es 30 soll bei deren Umwandlung das Enzym Glucase hauptsächlich tätig sein. Man kann sich nun vorstellen, daß solche kolloidalen Substanzen wohl der aufsteigenden Kohlensäure den Weg mehr oder weniger versperren. Bei kräftig wirkenden Maischapparaten hat man in der Regel auch eine stärkere Neigung der betreffenden Maischen zur Schaumbildung bemerkt. 35 Es ist nicht unwahrscheinlich, daß bei kräftiger mechanischer Maischwirkung eine Menge Kartoffelzellen, die noch unversehrt sind und in denen noch das Stärkecellulose-Gerüst prall die Zelle ausfüllt, zertrümmert werden und so letzteres in die Flüssigkeit gelangt. An der Lösung desselben beteiligt sich vielleicht neben der Glucase auch die 40 Cytase (s. Bd. I, S. 256). Auffällig ist die die Schaumgärung hemmende Wirkung des Zumaischens von Hafermalz oder des Zubrennens von Mais. Beide enthalten reichlich Glucase; ersteres auch noch Cytase. Auf die Zerstörung des Stärkeskelettes wirkt auch langes Dämpfen bei hohem Druck und das Einhalten einer hohen Maischtemperatur ein. 45 Da die Schaumgärungsmaischen schließlich fast durchweg eine tadellose Vergärung ergeben, wird man annehmen müssen, daß bei ihnen die Glucase erst allmählich die Dextrine umwandelt. Die von Hesse empfohlene nachträgliche Zugabe von Malz beim Kühlen der zur Schaumgärung neigenden Maischen würde insofern günstig wirken, als Cytase 50 und Glucase noch wenig geschwächt sind und so frühzeitig die Zerstörung der Stärkecellulose herbeiführen können. Besonders spät kommen kleine Stärkekörner zum Quellen und zur Auflösung; bei ihnen scheint die Stärkecellulose besonders reichlich vertreten zu sein, und

Maischen aus Kartoffeln, die sehr reich an kleinen Stärkekörnchen sind, was auch bei stärkereichen Sorten der Fall sein kann, bedürfen jedenfalls besonders der Einwirkung jener Enzyme, welche die Maische dünnflüssig machen.

Die Glucase ist nur in geringem Maße löslich; ihr Bildungsherd im Malz liegt in der Aleuronschicht und in dem Schildchen. Auch die Hefenglucase, welche für die Zymase die Maltose erst in Glucose zerlegt (s. 19. Kap. d. IV. Bd.), ist ebenfalls wenig löslich. Man kann sich jedoch vorstellen, daß die eine Heferasse mehr Glucase nach außen abgibt als die andere und daß demnach ihre Wirkung auf die Maischflüssigkeit eine verschiedene ist. Man kann sich ferner vorstellen, daß in einer Schaumgärungsmaische durch kolloidale Stoffe die Kohlensäure lange Zeit zurückgehalten wird und daß dann, wenn die Flüssigkeit bereits damit übersättigt ist und die Lösung der ersteren durch ihre zugehörigen Enzyme erfolgt, die Kohlensäure plötzlich entbunden wird. Vielleicht gibt es auch eine Schaumgärung, bei der Albumosen und Peptone in Frage kommen. E. Kusserow (1) empfiehlt das Ablassen des Frischwassers aus dem Henze-Dämpfer, weil dasselbe an Amiden und Peptonen reich sei und infolgedessen die Schaumgärung begünstige (vergl. Bd. IV, S. 103). Die Zugabe von gequetschtem Grünmalz beim Abkühlen der Maische wird auch für die Peptonisierung der Albumosen sehr wirksam sein und die Maischen dünnflüssiger machen.

Nach den angedeuteten Gesichtspunkten ist die Schaumgärungsfrage jedoch erst noch gründlicher zu durchforschen. Die bisher eingeschlagenen Wege haben zwar meist praktische Erfolge, aber keine völlig ausreichende wissenschaftliche Erklärung gebracht. Man vergl. auch M. Bücheler (1).

Delbrück (2) hat im Jahre 1893 auf Grund verschiedener Ueberlegungen, welche vom physiologischen Zustand der Hefen den Ausgangspunkt nehmen, ein Preisausschreiben veranlaßt, das die Praktiker zu einer eingehenderen Beschäftigung mit der Schaumgärungsfrage anregen sollte. Er unterschied zwischen „geiler“ und „träger“ Hefe, je nachdem dieselbe mehr oder weniger sproßlustig war. Den ersteren Zustand herbeizuführen, gelingt z. B. durch Lüftung der Hefenmaische, durch höhere Temperatur, stärkere Bewegung usw. Den trägen Zustand leitet eine höhere Konzentration, die auch die Bewegung hemmt, und ein höherer Alkoholgehalt ein.

Die Frage stellte sich für die Praxis also: Ist der Vergärungsgrad und die Konzentration der Anstellhefe auf die Entstehung der Schaumgärung von Einfluß? Auf Grund der Nachprüfung der eingegangenen Berichte durch Heinzelmann mußte in der Tat diese Frage bejaht werden.

Um eine zu lebhafte Sproßtätigkeit der Hefe hintanzuhalten, schlägt Brennereiverwalter Hesse vor, nur mit der einen Hälfte des Malzes die Verzuckerung der Maische zu bewirken und die andere Hälfte erst nach erfolgtem Abkühlen und nach Zusatz der Kunsthefe zuzugeben; man vergleiche darüber den Bericht von Delbrück (3). Die damit erreichten Erfolge werden nach G. Heinzelmann (1) fast ausnahmslos als befriedigend bezeichnet. Nähere Angaben über die Schaumgärungsfrage findet man bei Maercker-Delbrück (1).

Ob eine Verschleimung der Zellhäute der Hefe (s. Bd. IV, S. 43 u. f.) bei der Schaumgärung eine Rolle spielt, ist noch ungewiß. Hefen aus konzentrierteren Maischen mit höherem Alkoholgehalt dürften weniger verschleimte Zellwände haben als solche aus dünneren, alkoholärmeren

Maischen und infolgedessen auch weniger leicht durch die Schleimflocken festgehalten werden. Daß die Zellwand der Hefen bald stark und bald weniger stark verschleimt ist, hat LINDNER (4) an der *Torula pulcherrima*, sowie an der Orangehefe aus armenischem Mazun erfahren. Der schleimige Hof der letzteren Hefe wird jedoch anscheinend sehr bald wieder von den neu sich bildenden Zellen aufgezehrt. Auch bei Bakterien ist dieser Wechsel in der Beschaffenheit der Zellwand nicht ungewöhnlich; vergl. die Angaben auf S. 311.

Sobald eine Maische plötzlich in Schaumgärung gerät, hilft weiter nichts als Zugabe von Petroleum, Fetten und Oelen. Interessant ist ein Bericht des Brennereiverwalters HOHMANN (1). Er beobachtete die stürmische Angärung besonders oft bei der Kartoffelsorte „Magnum bonum", seltener bei „Maercker", gar nicht bei „Woltmann". Zu ihrer Beseitigung versuchte er es mit dem Dämpfen der Kartoffeln bei höherem und niedrigerem Druck, dem Maischen mit höherer oder niederer Maischtemperatur, mit verschiedener Malzzugabe und in verschiedenen Mengen, mit reinem Gerstenmalz und Gersthafermalz, ebenso mit weit- und schwach vergorener Kunsthefe (2.5—10° Balling), auch mit verschiedenen Hefenrassen, aber alle Bemühungen waren ohne Erfolg. Die ersten Bottiche waren wohl etwas ruhiger, aber die späteren zeigten wieder dieselbe unliebsame Erscheinung. Nach vielem Probieren kam er darauf, dem Maischwasser 1/8—1/4 Liter Maschinenöl zuzusetzen: sobald etwas Grünmalz mit demselben durchgeschlagen war, wurde in gewöhnlicher Weise gemaischt. Die Maischen goren so ruhig wie nie zuvor und verhielten sich während der ganzen Gärung normal.

ERNST BRAUER beobachtete Schaumgärung in Maischen von im Keller oder in den Mieten warm gewordenen Kartoffeln. Nichts half, ausgenommen Malz von schwerem Hafer; er hält letzteres für das erfolgreichste Bekämpfungsmittel. Zufolge KUSSEROW (2) zeigt sich in Dickmaischbrennereien auch eine Art Schaumgärung und zwar gewöhnlich dann, wenn das Maischmaterial auf dem Lagerboden Wasser angezogen hat und dumpf und muffig geworden ist, oder wenn kurz gewachsenes, warm geführtes und im Innern hartes Malz verwendet wird. Namentlich im Sommer, wo die Herstellung gesunden Malzes Schwierigkeiten macht, sind Klagen über Schaumgärung häufig. Als Notbehelf empfiehlt er das Zumaischen von 5—10 Proz. Haferschrot, ferner eine möglichst kurze Verzuckerungszeit oder Zugabe von frisch gequetschtem Malz oder von Malzschrot während des Herunterkühlens der Maischen.

Auch in der Preßhefenfabrikation spukt die Schaumgärung. Das Uebergehen des Hefenschaumes in Fabriken nach dem Abschöpfverfahren tritt nach DURST (1) entweder bei schlechter Verzuckerung oder bei einem zu hohen Säuregehalt der Maische oder bei Verwendung einer unreifen Hefe ein. In ersterem Falle zeigt der Bottich zunächst eine geringe Erwärmung und Vergärung. Sobald aber das Steigen des Hefenschaumes beginnt, verläuft dasselbe in rapider Weise: der Bottich wird zusehends voller und voller, und nach 10—12 Stunden, vom Anstellen an gerechnet, geht er über, was bis zum Reifen des Schaums anhält. Die Hefe kommt hierbei aber nicht gut zur Ausbildung und zeigt wenig Triebkraft. Auch bei zu hohem Säuregehalt tritt nach einer verzögerten Angärung in der durch jene dünnflüssig gewordenen Maische kurz vor der Reife der Hefe eine rapide Schaumentwicklung auf. Auch hier entsteht öfters ein lockerer, leicht übergehender Schaum mit viel unreifen Zellen.

§ 79. Die Flockenbildung in der Preßhefen-Fabrikation.

Von dem alten (Wiener) Verfahren der Gewinnung von Preßhefe, welches nach seiner Hauptphase, nämlich dem Abschöpfen der durch Auftrieb an die Oberfläche der gärenden Maische gelangten Hefenernte, auch als Abschöpfverfahren bezeichnet wird, unterscheidet sich das zweite und jüngere Verfahren, das ist das Lüftungs- oder Würzeverfahren, dadurch, daß bei diesem letzteren nicht, wie bei jenem ersteren, eine dicke Maische sondern eine lautere Würze verwendet wird, in welche nach geschehenem Anstellen mit der zu vermehrenden Hefe dann kräftig Luft eingeblasen und dadurch die Vermehrung der Zellen stark angeregt, beschleunigt und erhöht wird; vergl. S. 267. Nach beendigter Gärung läßt man den Inhalt des Gärgefäßes, nach zuvor erfolgter Abkühlung, auf große flache Klärpfannen („Klärschiffe") laufen, wo nun die Hefenernte sich absetzt und dann, nachdem man die darüberstehende vergorene Flüssigkeit abgezogen und dem Destillationsapparate zugeführt hat, mit Wasser gewaschen und schließlich in Filterpressen getrieben und da in den versandtfähigen Zustand gebracht wird. Die Absetzung der Hefenernte auf den Klärschiffen und also ihre Abtrennung von der Flüssigkeit erleidet nun ab und zu eine empfindliche Störung durch die als Flockenbildung bezeichnete Erscheinung, welche dadurch gekennzeichnet ist, daß vom Grunde, aus der abgesetzten Hefe, immer wieder flockenartige Zellvereinigungen aufsteigen. STENGLEIN (1) hat in einer Fabrik, die am Wasser gelegen war, das Auftreten der Flockenbildung stets dann beobachtet, wenn der Wind vom Lande her wehte. Eine ungemein vollkommen eingerichtete Brennerei, die Reinhefe eingeführt hatte und in die Würze nur keimfrei gemachte Luft einblies, hatte sich nicht mehr über Flockenbildung zu beklagen. Diese Erfahrungen wiesen bereits darauf hin, daß bei der Flockenbildung eine Infektion mitspiele. STENGLEIN meinte, daß eine Hefe vom Typus des *Sacch. apiculatus* und eine andere Hefe mit langgestreckten Zellen, die er neben *S. anomalus*, Sarcina und Schimmelpilzsporen in flockender Hefe gefunden hatte, die Flockenbildung veranlaßt hätten, und daß diese Mikroben durch die Luft in den Betrieb gekommen sein müßten, indem die gewöhnlichen Luftwaschapparate sie nicht zurückgehalten hätten. Bei Verwendung keimfreier Luft lasse sich die Infektion der Würze vermeiden, aber auch aus der Anstellhefe von einer anderen Brennerei könne die Infektion stammen. LINDNER hat bei der Herstellung einer Massenkultur von einer Kahmhefe in gelüfteter Würze die Kahmhefe in so kräftigen Flocken erhalten, daß sie sich beinahe ohne Schwierigkeit durch Absitzenlassen in konzentrierterer Form gewinnen ließ. Es ist also nicht ausgeschlossen, daß bei Hefe, die mit Kahmhefe infiziert ist, eine Flockenbildung sich einstellt. Den Nachweis von Kahmhefe in der Anstellhefe erbringt HENNEBERG (2) in sehr einfacher Weise durch Einstampfen von Preßhefe in eine Petrischale. Nach wenigen Tagen zeigen sich bei Gegenwart von Kahmhefe kleine, an Maulwurfshügel erinnernde Erhebungan von trockenweißem Aussehen; vergl. S. 167.

Genauere Untersuchungen über die Ursache der Flockenbildung sind erst in den letzten Jahren erfolgt. BARENDRECHT (1) machte an leicht flockender Lufthefe die Beobachtung, daß an dem Zustandekommen der Flocken stets ein Bakterium beteiligt sei. Dasselbe erzeugte in Würze Milchsäure und bildete auf Rohrzucker enthaltender Würze-

gelatine einen schleimigen Tropfen, nicht aber bei Gegenwart von Dextrose, Lävulose, Maltose, Raffinose und Lactose. Die Vermutung, daß es sich um *Leuconostoc mesenterioides* handle, hat sich nicht bestätigt, denn dieser vermochte weder Hefe zu agglutinieren noch Schleim aus Rohrzucker zu bilden. Barendrecht bezeichnet daher seine Bakterien vorläufig noch als *Leuconostoc agglutinans*. Neuerdings machte W. Henneberg (1) die Angabe, daß er drei verschiedene kleine, stäbchenförmige Milchsäurebakterien isoliert habe, die ebenfalls das Zusammenflocken der Lufthefe veranlassen. Die Zellen jener sind meist so klein, daß sie bei flüchtigem Mikroskopieren leicht übersehen werden können, zumal in den oft 50—100 Hefenzellen enthaltenden Flocken, die selbst bei heftigem Schütteln nicht auseinander gehen. Gießt man eine Würze mit einer Reinkultur solcher Spaltpilze in eine Hefenaufschwemmung, so werden augenblicklich die Hefenzellen ausgefällt.

Das einfachste Mittel, diese agglutinierenden Bakterien los zu werden, ist eine stärkere Säuerung. Bei dem alten Abschöpfverfahren ist es nur die verhältnismäßig starke Säuerung der Maische, welche die agglutinierenden Bakterien nicht aufkommen läßt. Der vielfach in Vorschlag gebrachte Stellhefenwechsel kann oft die Sache noch verschlechtern, indem gerade diese agglutinierenden Spaltpilze in ihr noch zahlreicher enthalten sein können. Bei Reinhefe ist dies natürlich ausgeschlossen, und die Verwendung dieser, sowie der Reinkultur des Milchsäurebazillus sichert am besten den Erfolg. Zur Reinerhaltung der Reinhefe vor den Flockenerzeugern gilt als Hauptregel: Zusatz von mehr Schwefelsäure zur Maische, oder, wo das Milchsäureverfahren in Gebrauch ist, Einhaltung der richtigen Säuerungstemperaturen. Der Kulturmilchsäurebazillus gibt schon bei 55° C kein Wachstum, darüber hinaus auch keine Säurebildung mehr. Daher: bei 48—50° C säuern lassen und erst nach der Säuerung einige Stunden auf 55—59° C aufwärmen, falls das zur Eiweißlösung, wie behauptet wird, wirklich erforderlich sein sollte. Wendet man wirkliche Reinkulturen des Kulturmilchsäurebazillus an, dann braucht man, um eine falsche Säuerung zu vermeiden, nicht über 50° C hinauszugehen; man muß jedoch dafür sorgen, daß wirklich alle Teile der Maische diese Temperatur haben und daß nicht infizierte Holzwandungen die Reinheit gefährden. Interessant ist eine ältere Angabe von Delbrück, nach der Fabriken, die mit Kupfer ausgeschlagene Hefengefäße verwendeten, mit unregelmäßiger Säure zu kämpfen gehabt hätten, weil die kupfernen Gefäße zu gut gereinigt worden seien; die beim Erhitzen in den Holzporen der Holzgefäße lebend bleibenden Milchsäurepilze fehlten hier als Säurebildner. Bei Anwendung einer Reinkultur des Milchsäurebazillus wäre ein solches Hefengefäß zur Reinerhaltung derselben vor Infektion ungleich besser als ein bloßes Holzgefäß, in dessen Poren neben den wilden Säuerungsbakterien auch die agglutinierenden Mikroben sich leicht festsetzen können.

Die Erscheinung der Flockenbildung der Hefe kann auch durch chemische Stoffe erzeugt werden. Barendrecht hat aufsteigende Mengen von Zehntelnormal-Schwefelsäure zu Aufschwemmungen von Hefe gebracht und hierbei die Erscheinung der Agglutination bekommen: dieselbe war von dem Säuregehalt abhängig. Bei 0,2 und 0,3 ccm Schwefelsäure und 15 ccm Hefenaufschwemmung trat noch kein Unterschied gegenüber dem Kontrollgefäß ohne Säurezusatz auf. Versuche mit Salzsäure, Phosphorsäure, Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure,

Valeriansäure ergaben, daß der gleiche Säuretiter nicht gleiche Wirkung hatte, daß aber, je schwächer die Säure, desto größer der Zusatz sein mußte, um am schnellsten Agglutination zu veranlassen. Die Salze der untersuchten Säuren waren gänzlich inaktiv. Die Zellen zeigten durch die Agglutination keine sichtbare mikroskopische Veränderung. Der Inhalt der mit Schwefelsäure versetzten Gläschen hatte nach der Durchschüttelung wieder ganz dasselbe Aussehen wie vor der Agglutination und gab wieder nach demselben Zeitverlauf die gleiche Flockenbildung und Absetzung der Hefe. Jedoch zeigte sich die „Optimalkonzentration" etwas schwächer, was jener Forscher auf eine Umsetzung der aus der Hefe diffundierten Phosphate zu Sulfat unter Bildung der schwächer agglutinierenden freien Phosphorsäure zurückführt. Er erblickt in der Agglutination der Hefe durch Säuren eine Wirkung der Wasserstoff-Ionen; vergl. Bd. I, S. 492 u. 497. Schwefelsäure und Salzsäure waren in den benutzten Verdünnungen von Dreihundertel-Normalsäure zu etwa 90 Proz. dissociiert, Essigsäure aber nur zu 15 Proz. „Die Aktivität der Säuren war fast proportional ihrer Dissociation." Daß wirklich diese Hypothese zutrifft, dafür spricht der Umstand, daß die Beimischung eines Salzes derselben Säure einen in jedem Falle vorauszubestimmenden Einfluß hat. Wo Schwefelsäure die agglutinierende Säure ist, wird also das Agglutinationsvermögen wenig oder gar nicht durch schwefelsaures Natron verändert werden, da hier in den benutzten geringen Konzentrationen Salz und Säure soweit dissoziiert sind, daß das Gleichgewicht zwischen Schwefelsäure und ihren Ionen nicht merklich durch die zugefügten Säure-Ionen geändert werden kann. Der Versuch entsprach dieser Hypothese. Das Agglutinieren ist an das Leben der Zelle gebunden und hängt geradezu vom physiologischen Zustand ab. In Würze gezüchtete Hefe war nicht agglutinationsfähig, wohl aber dann, wenn man der Würze Ammoniumsalze zugesetzt hatte. Die Konzentration der Hefe beeinflußte den Vorgang nur sehr wenig. Nicht alle Hefen verhielten sich den Wasserstoff-Ionen gegenüber gleich.

Die Flockenbildung im Betrieb der Lufthefenfabrik hat, wie wir vorerst bereits erwähnten, eine ganz andere Ursache; der Säuregehalt hat hier keinen direkten Einfluß.

Die Flockenbildung ist auch von der Gegenwart von Zuckerarten abhängig. Wie LINDNER (4) mitteilt, genügen, um 5 g untergärige flockige Bierhefe staubig zu machen, 10 ccm Maltose-, bezw. 20 ccm Dextrin-, bezw. 30 ccm Rohrzucker-, ferner 70 ccm Milchzucker-Lösung von je 10 Proz., 20 ccm Dextroselösung von 20 Proz., 12,5 ccm gehopfte Bierwürze von 17° Balling, 35 ccm Würze für Münchener Bier, 30 ccm Würze für Pilsener Bier. Bei 50 ccm Raffinoselösung von 10 Proz. blieben die Flocken noch unzerstört.

Das Verhalten der flockigen untergärigen Bierhefe gegen Alkalien, Säuren und Salze sei bei der Gelegenheit auch besprochen. Um 5 g gewöhnliche untergärige Bierhefe, die mit 30 g Wasser angerührt war, staubig zu machen, bedurfte es der Zugabe von 0,5 ccm Normal-Schwefelsäure, 0,4 ccm N.-Salzsäure, 0,8 ccm N.-Weinsäure, 70 ccm 10-proz. Lösung von Dikaliumphosphat (K_2HPO_4), 0,4 ccm N.-Natronlauge (hierbei bildeten sich die Flocken wieder und erst bei 2,9 ccm Lauge blieb die Hefe staubig), 8 ccm N.-Sodalösung, 10 ccm Kalkwasser (0,16-proz.), 75 ccm konzentrierter Ammoniumkarbonatlösung, 0,9 ccm Ammoniak (24-proz.).

Auf eine besondere Art der Agglutination der Hefe durch Blutserum

hat SCHÜTZE (1) aufmerksam gemacht. Kaninchen, denen in 3—4-tägigen Zwischenzeiten je 4—5 ccm einer Hefenemulsion in Kochsalzlösung (20 g Hefe, 100 ccm Wasser, 0,6 g Kochsalz) bis zu einer Gesamtmenge von 40 ccm eingespritzt wurden, enthielten, nachdem ihnen 6 Ruhetage
5 gegönnt worden waren, in ihrem Blut ein Serum, von dem je 0,5—1 ccm, mit 0,1 ccm der ursprünglichen Emulsion gemischt, bei Bluttemperatur in letzterer bereits nach einer Stunde eine vollständige Agglutination bewirkten. Kontrollproben mit frischem Serum oder ohne Serum zeigten keine Spur von Agglutination. Ob die Emulsion mit untergäriger oder
10 mit obergäriger, ob mit Preßhefe oder mit Brennereihefe hergestellt war, ergab keinen Unterschied. Die Agglutination ist daher vorläufig zur Identifizierung von Hefen noch nicht zu verwerten: vergl. dazu Bd. III, S. 116.

Ueber die durch Borax hervorzurufenden Koagulationserscheinungen,
15 die von H. WILL und von H. VAN LAER (1) näher studiert worden sind, vergleiche man Bd. IV, S. 135.

Ueber die Bestimmung der Triebkraft der Bäckereihefe und ihre Bewertung sind im 25. Kapitel des II. Bandes nähere Angaben enthalten.

Literatur

zum Kapitel Betriebsstörungen und Betriebskontrolle.

*Barendrecht, H. P., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1901, Bd. 7, S. 623. *Bauer, Emil, (1) Abriß d. mykolog. Analyse, Braunschweig 1905, S. 59. *Beijerinck, M. W., (1) Centralbl. f. Bakt., 1891, Bd. 9, S. 781. — (2) Z. f. Spiritusindustrie, 1902, Bd. 25, S. 531. — (3) Ebenda, 1895, Bd. 18, Ergänzungsheft, S. 25. *Bücheler, Max, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1894, Bd. 17, S. 57. *Delbrück, Max, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1892, Bd. 15, S. 79. — (2) Ebenda, 1893, Bd. 16, S. 409. — (3) Ebenda, 1893, Ergänzungsheft, S. 25. *Durst, Otto, (1) Handbuch der Preßhefenfabrikation, 2. Aufl., Berlin 1896. *Effront, Jean, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1905, Bd. 141, S. 626. *Foth, Georg, (1) Vergärung u. Alkoholertrag d. Kartoffelmaischen, Berlin. *Heinzelmann, Gustav, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1895, Bd. 18, S. 190 u. 207. *Henneberg, Wilhelm, (1) Brennerei-Ztg., 1905, Bd. 22, S. 3786. — (2) Z. f. Spiritusindustrie, 1903, Bd. 26, S. 51. *Hohmann, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1906, Bd. 29, S. 11. *Kusserow, Reinhold, (1) Brennerei-Ztg., 1897, Bd. 14, Nr. 318; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 154. — (2) Mitteilungen für Brennerei und Preßhefenfabrikation, 1904, Nr. 14. *van Laer, Henri, (1) Bulletin Soc. Chimique de Belgique, 1905, Bd. 19, S. 31. *Lindner, Paul, (1) Mikrosk. Betriebskontrolle etc., 3. Aufl., S. 397. — (2) Brennerei-Ztg., 1906, Nr. 657, S. 3862. — (3) Mikrosk. Betriebskontrolle etc., 4. Aufl., S. 422 u. 432. — (4) Ebenda, S. 374. *Maercker-Delbrück, (1) Handbuch der Spiritusfabrikation, 8. Aufl., Berlin 1903, S. 646. *Parow, E., (1) Jahrbuch d. Vereins d. Spiritusfabrikanten, 1903, Bd. 3, S. 50. *Schütze, (1) Z. f. Hyg., 1903, Bd. 44, S. 423. *Silberberg, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1905, Bd. 28, S. 388. *Stenglein, (1) Alkohol, 1892, S. 218.

(*Manuskript-Einlauf: 16. Febr. 1906.*)

13. Kapitel.

Durch Pilzenzyme bewirkte Stärkeverzuckerung im Brennereigewerbe. Mykologie der Rumbrennerei und der Arrakbereitung.

Von Prof. Dr. C. WEHMER.

§ 80. Der chinesische Reisbranntwein.

Reisbranntwein ist für Chinesen, Cambodjaner und Anamiten ein unentbehrliches Genußmittel. Fast täglich nehmen sie davon, wie CALMETTE (3) berichtet, zu sich, keine private oder öffentliche Festlichkeit wird ohne ihn gefeiert, und selbst die ärmsten Bewohner Anams konsumieren monatlich im Durchschnitt 2½—3 l, besser gestellte sogar 10 l. Dieser außerordentliche, anscheinend harmlose Alkoholverbrauch illustriert die gewerbliche Bedeutung der Fabrikation gebrannter Getränke für Ostasien hinlänglich.

Die Kunst der Gewinnung solcher ist auch in diesen Ländern offenbar sehr alt, denn schon seit langer Zeit unterwirft man hier wie bei vielen anderen Völkern der Erdoberfläche die gegorenen Flüssigkeiten einer wenn auch primitiven Destillation mit allerhand mehr oder weniger sinnreichen Apparaten. Neben zuckerhaltigen Pflanzensäften kommen für die Gewinnung branntweinartiger Getränke stärkereiche Rohstoffe, in reisbauenden Ländern also zumal dieser, in Frage; auch Abfälle anderer Fabrikationen, so insbesondere die Melasse der Rohrzuckerfabriken, spielen eine wichtige Rolle. Wir haben uns hier ausschließlich mit denjenigen Verfahren zu beschäftigen, die stärkehaltige Materialien (fast ausschließlich Reis) als Haupt-Rohstoff oder doch als Hilfsstoff verwenden. Das gilt insbesondere für die Darstellung des *chinesischen Reisbranntweins* in China, Tonkin, Cambodja, der Mandschurei etc., des *javanischen Arraks* (s. § 81) sowohl aus Reis wie aus Melasse, des minder wichtigen *japanischen Branntweins* als Nebenprodukt der Saké-Bereitung und des ebensolchen als *Awamori* bezeichneten Trinkbranntweins Formosas (s. § 82).

Die Vergärung der Reisstärke setzt vorhergehende Verzuckerung voraus. Diese Verfahren haben nun deshalb noch besonders mykologisches Interesse, weil sie vorwiegend von der durch *Pilze* bewirkten Stärkeverzuckerung Gebrauch machen. Die sie ausübenden Chinesen wissen übrigens weder, was ein Pilz ist, noch wozu er eigentlich dient; es handelt sich dort also um eine rohe Empirie, aber nichtsdestoweniger sind die ostasiatischen Völker seit alters sehr geschickte Pilzzüchter. Die in Frage kommenden Pilze sind fast ausschließlich wild eingefangene Mucorineen, deren Leistungsfähigkeit dem der Aspergilleen mindestens gleichkommt. In handliche Form bringt man sie nicht etwa durch Isolieren in Kulturgläsern, sondern durch Verbacken in Reismehlkuchen. Die ersten durch Reisende gegebenen Schilderungen dieser meist auch heute nur lückenhaft bekannten Gärverfahren liegen kaum 50 Jahre zurück, erst in den letzten 15 Jahren ist die Mitwirkung der Mucorineen durch europäische Forscher erkannt und genauer studiert worden; die

Bekanntschaft mit der technischen Bedeutung des *Aspergillus Oryzae* beim Sakébrauen ist somit rund 16 Jahre älter.

Es sei jedoch bemerkt, daß man sowohl in Japan wie auch auf Java, vielleicht auch noch an anderen Orten, mit der europäischen Malzverzuckerung gleichfalls bekannt ist. So ist der japanische „Ame" ein mit Hilfe von Gerstenmalz — dessen Darstellung das Klima nicht günstig sein soll — aus Reis bereiteter dextrinhaltiger Zucker (Maltose), der in der Färberei, bei der Myrindarstellung (s. S. 250) sowie im Haushalt benutzt wird, auch als Leckerei gilt; Näheres darüber bei Rathgen (1) und Atkinson (1). Wie schon auf S. 240 erwähnt wurde, stellt man neben Gersten- auch Reismalz dar; letzteres soll nach der auf älteren Schilderungen Raffle's beruhenden Angabe Stohmann's (1) aus dem Jahre 1891 auch bei der javanischen Arrakfabrikation aus Reis in übrigens gleicher Weise wie unser europäisches Malz verwendet werden. Diese früheren Mitteilungen über Arrakgewinnung wissen überhaupt nichts von der Pilzverzuckerung, wir finden sie auch noch nicht bei Sell (1) im Jahre 1891 erwähnt, weil die mykologischen Forschungen erst mit diesem Jahre durch Calmette (1) ihren Anfang nehmen. Es ergibt sich vielleicht mit einiger Wahrscheinlichkeit aus Stohmann's Beschreibung der Melassenarrak-Darstellung aus Reis und Melasse, daß in diesem Falle wenigstens unter Reis wohl das bereits in Gärung befindliche Material (Tapej) zu verstehen ist. Im übrigen dürfte auch die Arbeitsweise der Fabriken nicht in allen Teilen Javas die gleiche sein, man mag also an manchen Orten auch Reismalz verwenden, trotz seiner von Calmette hervorgehobenen geringen Leistungsfähigkeit. Am rentabelsten bleibt anscheinend die einfache und billige Verzuckerung durch Pilze.

Etwas näher zu beschäftigen haben wir uns hier und im § 81 insbesondere mit den bei Gewinnung des chinesischen Branntweins sowie des javanischen Arraks vorkommenden Operationen. Uebrigens führen nicht nur diese aus Reis oder Melasse, sondern auch die aus zuckerhaltigen Pflanzensäften bereiteten Trinkbranntweine den Namen Arrak.

Der Chinesische Reisbranntwein, über den genauere chemische Untersuchungen nicht vorliegen, schließt unmittelbar an den schon auf S. 251 behandelten chinesischen Reiswein an, er ist dessen Destillat. Uebrigens ist diese Bezeichnung Sammelname für verschiedene einander ähnliche Branntweinarten in China, Tonkin, Cambodja, der Mandschurei, von denen wir spezieller über die in Anam dargestellte und als Ruou oder Choum-choum benannte Sorte durch Calmette unterrichtet sind. Verzuckerung und Gärung des durch Dämpfen vorbereiteten Reises wird durch das als Mên oder Mien bezeichnete, in Europa unter dem wenig glücklichen Namen „chinesische Hefe" (levure chinoise, levain chinois) bekannt gewordene eigentümliche Material eingeleitet, das als von hervorragend mykologischem Interesse hier zunächst genauer zu besprechen ist.

Als Chinesische Hefe bezeichnet man — ohne daß gerade Form und Farbe konstant sind — pfeffernußähnliche, weißgraue, aromatisch oder schwach schimmelig riechende, ungefähr talergroße, brüchige Kuchen aus grobem oder feinerem Reismehl, ausgezeichnet durch reichen Organismengehalt, bisweilen auch bedeckt mit derber, bräunlicher Schimmelhaut. Zuerst wurden sie im Jahre 1891 von Calmette (1) untersucht. Ihre Wirksamkeit als verzuckerndes und gärungserregendes Agens — sie ersetzen also gleichzeitig Malz und Hefe — verdanken sie der Anwesen-

heit von diastasebildenden Mucoreen und Alkoholhefen verschiedener Art; gleichzeitig enthalten sie aber mancherlei mehr oder weniger nachteilig wirkende Fremdkeime, unter anderen auch reichlich Bakterien. Sie sind in Ostasien ein ausschließlich von Chinesen fabrizierter, sehr verbreiteter Handelsartikel, der als gärungstechnischer Hilfsstoff eine 5 gewisse Rolle spielt. Man arbeitet bei ihrer Herstellung zufolge CALMETTE's Schilderung in Cochinchina nach gar wunderbaren Rezepten und zieht nicht weniger als 45 verschiedene, teilweise aromatische Pflanzen (Ingwer, Zimmt, Pfeffer, Cardamomen etc.) als Beimengung heran, welche dann in den mit sehr primitiven Werkzeugen arbeitenden 10 „Fabriken" in Pulverform mit Reismehl gemischt werden. Das homogene Gemisch wird mit Wasser zu einem steifen Teig angerührt, den man dann zu den ungefähr talergroßen, abgeplatteten Kuchen formt. Diese überläßt man nun bedeckt auf Börten in einem dunklen Raum sich selbst. Schon nach 48 Stunden sind sie (bei der herrschenden Temperatur 15 (30° C im Mittel) von einem feinen Mucoreen-Schimmel überzogen. Sie werden jetzt an der Sonne getrocknet und in Säcken (zu 60 kg im Werte von ca. 20 M.) gebrauchsfertig in den Handel gebracht. Die Gestalt dieser Mehlkuchen ist nicht allerorts dieselbe, sie mag nach Lokalität oder Fabrik wechseln, bald flach, bald mehr gerundet, auch 20 wohl mit zentraler Durchbrechung und dann anscheinend mit Werkzeugen geformt, auch zu zweien können sie verbunden sein. Die *Fig. 23* gibt das Aussehen eines aus Singapore stammenden Musters wieder.

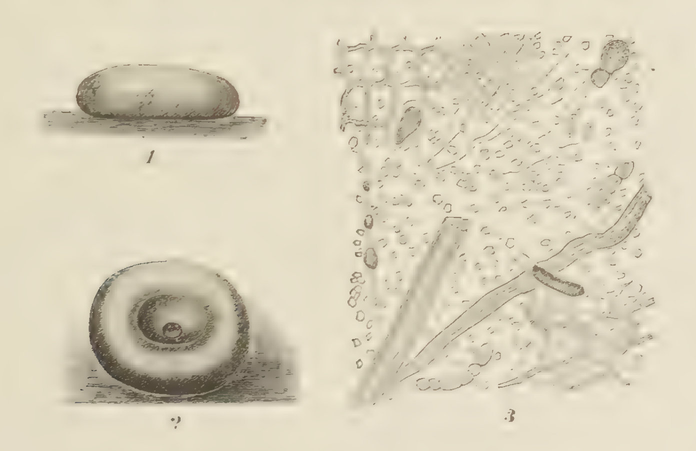


Fig. 23. „Chinesische Hefe" von Singapore.
Reismehlkuchen in annähernd nat. Größe von der Seite (*1*) und halb von oben (*2*) gesehen, die trichterige Einsenkung und zentrale Durchbrechung zeigend; daneben (*3*) mikroskopisches Präparat daraus nach Abschwemmen der überschüssigen Stärke. Nach WEHMER.

Die aromatischen Pflanzen, deren Zahl gelegentlich auch auf 10—12 reduziert wird, sollen dem Alkohol einen spezifischen Geruch geben, und 25 schon dieserhalb könnte man wohl alle, welche keine flüchtigen Stoffe enthalten, ohne Nachteil fortlassen, für den eigentlichen Zweck kommen sie sonst nicht in Frage. Es ist allein das Reismehl, mit dem die wirksamen Keime in die „chinesische Hefe" gelangen; wie die Weinhefe der Traubenoberfläche, so haften sie zumal dem nicht-entschälten Reiskorn an. 30

und so ist es auch verständlich, wenn die chinesischen „Hefenfabrikanten" — mit Wesen und Bedeutung des Pilzes ganz unbekannt — es für zweckmäßig halten, gerade die Spelzen mit dem noch feuchten Mehlkuchen in Berührung zu bringen.

5 In der warmfeuchten Atmosphäre der „Hefenkammer" entwickeln sich dann die Keime, zumal der raschwüchsigen Mucoreen, zu den die ganze Reismehlmasse durchziehenden und bedeckenden Pilzfäden, welche so schnell zur Gemmenbildung schreiten, daß das alsbald bewirkte Austrocknen schon eine große Zahl solcher Gemmen vorfindet; im übrigen 10 ist dies auch auf die Vegetationsstadien der verschiedenen Organismen ohne schädliche Wirkung. Ueber die im eigentlichen China dargestellten Mehlkuchen ist übrigens schon vor längerer Zeit (1869), also vor Calmette, eine kurze Nachricht nach Europa gekommen; denn Julien und Champion (1) beschreiben solche, wie man sie in Han-Kéou, Provinz 15 Hou-pé, zur Darstellung von Branntwein aus Reis oder Sorghum, und zwar aus grobem, kleienhaltigem Mehl bereitet, das, mit Wasser zu einem Teig angerührt, einer 7—8-tägigen Gärung überlassen wird. Der Teig wird zu Kuchen geformt, und diese werden getrocknet: in der Gabe von ca. 2 Proz. des zu verarbeitenden Reises werden sie verwandt. Ueber 20 die Organismen ist damals nichts bekannt geworden, es handelt sich aber fraglos um ganz ähnliche Pilze; nicht zufällig wird deshalb, wie schon Neuville (1) bemerkte, gerade die Kleie beigemengt.

Was die Organismen-Arten der Mehlkuchen betrifft, so sind wir da im ganzen besser über die diastasebildenden Hyphenpilze als 25 über die Hefen und Bakterien informiert; von jenen sind die Mucoreen aus den Gattungen *Mucor* und *Rhizopus* bereits im 21. Kapitel des Vierten Bandes besprochen worden. In der „Hefe" von Saigon (Mên oder Mién) fand Calmette im Jahre 1891 den ersten Vertreter dieser technischen Arten, den sogen. *Amylomyces Rouxii* (s. Bd. IV, S. 481). Die bald darauf 30 von Went und Prinsen Geerligs (1) in javanischem Material (Ragi) von Kagok-Tegal aufgefundenen *Rhizopus Oryzae* und *Chlamydomucor Oryzae*, die auch Eijkman (1) wohl unter Händen hatte, werden im § 81 noch besonders aufgeführt werden. Der im Hefenkuchen von Singapore („Chew" oder „Pia") durch Wehmer beschriebene *Mucor* 35 *javanicus* ist vorzugsweise ein Alkoholbildner. Dagegen sind die beiden von Boidin aus tonkinesischem und japanischem Reismehl isolierten und als *Amylomyces β* und *A. γ* bekannt gewordenen *Rhizopus*-Arten lebhafte Diastasebildner; vergl. Bd. IV, S. 495. Mit einem der genannten ist auch wohl der aus Mehlkuchen von Cambodja stammende, fälsch- 40 lich als *Mucor Cambodja* Chrzaszcz benannte *Rhizopus* identisch. Aus einer neuen Art „chinesischer Hefe", die als „Shao-king-Chew" in der Stadt Shao-king (Provinz Che-Kiang) aus Weizenmehl hergestellt wird, beschrieb Saito (1) weitere zwei diastatisch wirkende *Rhizopus*-Arten (*Rh. chinensis* und *Rh. Tritici*), denen sich noch eine anschließt, die 45 derselbe neuerdings neben *Rh. chinensis* in Reismehlkuchen aus der Provinz Shan-Tung (China) fand und als *Rh. oligosporus* bezeichnete. Endlich fanden Nechitch (1) und Chodat im Jahre 1904 in Reismehlkuchen aus der Provinz Sikkim (am Himalaja, Vorderindien) den verzuckernden und alkoholbildenden *Mucor Praini*, sowie Saito im Jahre 1906 50 noch einen *Rh. Tamari*. Das wären im ganzen nicht weniger als ungefähr 10 neue Spezies, über die man das 21. und das 22. Kapitel des Vierten Bandes nachlesen wolle. Weit geringer ist unsere Kenntnis der sonstigen Mikroorganismenflora dieses chinesischen Materials. Es

kommen da, neben gewöhnlichen Schimmelpilzen, Hefen und Bakterien verschiedener Art in Frage, über die CALMETTE (1) einige nähere Angaben machte. Diesem zufolge ähneln die Hefen gestaltlich meist dem *Saccharomyces Pastorianus* REESS. Besonders wirksam schien eine kleine, 3—5 μ messende Unterhefe; der eigenartige, von den Eingeborenen gewünschte Geruch des erzeugten Branntweins soll nach Meinung dieses Forschers von ihr erzeugt werden. Bei der unvollkommenen Kenntnis der eigentlichen Gärung dürften darüber aber wohl erst weitere Untersuchungen abzuwarten sein. Neben Milchsäurebakterien fand CALMETTE in dem Material von Saigon noch ein großes, schleimbildendes Bakterium, das den Verzuckerungsprozeß störte, sowie eine gärungsunfähige Hefe, die einen sehr unangenehmen Geruch entwickelte. Quantitativ überwogen die Bakterienkeime (30) und Hefen (18—25) erheblich die des *Mucor* (8 im Durchschnitt); dazu kamen dann noch einzelne Schimmelformen (2) auf den angelegten Würzegelatine-Platten.

Die „chinesische Hefe" leitet nun Verzuckerung und Gärung des auf Reiswein bezw. Trinkbranntwein zu verarbeitenden Reises ein. Einiges Genauere teilt hierüber CALMETTE in der schon genannten Arbeit mit, chemisch-technische Daten findet man auch bei DES TOURNELLES, LÉZÉ und PERET (1). Diese Forscher haben dabei zunächst die Verhältnisse in den französischen Besitzungen Hinterindiens im Auge. Hier erzeugt man den schon genannten, von den Anamiten als Ruou bezeichneten Branntwein mit 34—42 Proz. Alkohol; der dabei tätige Verzuckerungspilz scheint insbesondere der oben genannte *Mucor Rouxii* zu sein. Ein ganz ähnlicher Trinkbranntwein aus Reis, Getreide und Sorghum wird übrigens sehr verbreitet in Ostasien fabriziert, auch ist das Verfahren in den wesentlichen Zügen in China, Indochina u. a. O. das gleiche. Als Reis verwendet man in Cochinchina gern eine besondere als „Nêp" benannte Sorte (von *Oryza glutinosa*, auch *O. montana*) mit zartem Korn und hohem Stärkegehalt (75—80 Proz., nach anderen 80—83,5 Proz. des wasserhaltigen Korns). Er wird in Holzmühlen entschält und mit etwas weniger als seinem Gewicht heißen Wassers verquollen. Sobald das Korn eine gewisse Weiche hat, breitet man es zum Erkalten aus und bestreut mit den zerkleinerten Hefenkuchen; das ist also die Aussaat der Organismen. Jetzt wird unter gleichzeitigem Durcharbeiten in ca. 20 l fassende, geschlossene, halbgefüllte Gefäße gebracht, in denen sich binnen drei Tagen unter lebhafter Pilzentwicklung die Verzuckerung der gequollenen Stärke vollzieht. Nach Verlauf dieser Zeit mit Flußwasser aufgefüllt, tritt alsbald eine stürmische, 2 Tage währende, bislang nur dem Namen nach bekannte Gärung ein, nach deren Ablauf die bereits flüssige Masse dann — also im ganzen nach 5 Tagen — zur Destillation kommt, die wenigstens zur Zeit CALMETTE's, im Jahre 1891, noch eine sehr rohe war.

Zur Verarbeitung von 100 kg Nêp (damaliger Marktpreis 14 Frcs.) bedarf man rund 1,5 kg „Hefe"; die Destillateure erhalten daraus ungefähr 60 l Trinkbranntwein (v. 36 Proz.), das sind also an absolutem Alkohol nur 18 l Ausbeute. In Cochinchina lag Darstellung und Handel zu jener Zeit (1891) allein in den Händen der Chinesen und zwar gegen Zahlung einer jährlichen Pacht von 2400000 Frcs. an die französische Regierung, ihr eigener Verdienst sollte sich auf nahezu 2 Millionen stellen. Diese Verhältnisse haben sich mittlerweile wohl bereits verschoben. CALMETTE machte schon im Jahre 1891 darauf aufmerksam, daß hier ein geeignetes Feld für die Ausbreitung der „nationalen In-

dustrie“ sei, auch ganz andere Ausbeuten zu erzielen seien, wenn statt mit den Hefenpilzen der Reismehlkuchen mit guten europäischen Hefen gearbeitet würde. So erzielte er selbst mit einer obergärigen Pale-Ale-Hefe aus Frankreich in Verbindung mit seinem isolierten *Mucor* aus 1 kg bei 2 Atmosphären aufgeschlossenen Reises (mit 830 g Stärke) in 6 Tagen 340 g reinen Alkohols, also auf 100 Teile Stärke ca. 40,9 Proz., während das rohe chinesische Verfahren kaum 180 g Alkohol, d. h. weniger als 20 Proz. der Stärke, liefert. Neben den mancherlei Fehlern, welche die rein empirisch arbeitenden Chinesen nicht verbessern können, ist daran die geringe Leistungsfähigkeit der wilden Alkoholhefen schuld. Es kommen aber auch Infektionen mit allerlei Bakterien vor, denn die Hefenkuchen enthalten trotz des vorwiegenden Zuckerbildners ja ein Gemenge wilder Organismen, von denen manche Formen nicht bloß weder Stärke verzuckern noch Zucker in Alkohol umbilden, sondern unter Zuckerkonsum direkt schädliche Stoffe erzeugen (Essigsäure, Milchsäure, schleimbildende Bakterien). Solche in der Maische zur Entwicklung kommende Krankheitsorganismen beeinträchtigen natürlich Menge wie Qualität des Alkohols. Ob solche nun vom Reiskorn, von den Drogen, aus der Luft oder aus dem Wasser stammen, ist schließlich gleichgültig: schon CALMETTE sieht das einzig richtige Verfahren in der Beseitigung der „chinesischen Hefe“ und dem Arbeiten mit dem reinkultivierten *Mucor* und ebensolchen Hefen. Ob wenigstens in den französischen Besitzungen die Verhältnisse etwas anders geworden sind, ist nicht bekannt, anzunehmen ist es kaum; jedenfalls wird die „levure chinoise“ nach wie vor fabriziert. In Europa dagegen hat man ein neues Verfahren auf dieser Basis eingeführt (s. Amyloverfahren, § 84). Man darf allerdings nicht vergessen, daß es sich bei diesem chinesischen Verfahren nicht um Gewinnung von möglichst viel Alkohol handelt, sondern darum, einen mäßigen Trinkbranntwein von bestimmter Stärke und ganz gewissen Eigentümlichkeiten in Geruch und Geschmack zu erhalten. Der Konsument verlangt ihn so, er soll nach NEUVILLE (1) in seiner Beschaffenheit einem geringen Whisky ähnlich sein. Aus diesem gewöhnlichen Branntwein erzeugt man auch liqueurartige Getränke durch Zusatz von aromatischen Pflanzen, präpariert solche nach DES TOURNELLES und LÉZÉ überdies unter Zusatz von Zucker zu dem Destillat einer Maische, die einer vierwöchentlichen Gärdauer unterworfen wurde.

§ 81. Der javanische Arrak.

Der Name Arrak (Arak, Arack, Arrack) für alkoholische Getränke ist in verschiedenen Teilen Asiens für destillierte Getränke ungleichen Ursprungs üblich. Ueberhaupt tragen nach J. DE BREVANS (1) die gebrannten Wasser auch örtlich weit getrennter Länder Bezeichnungen, die unzweifelhaft mit dem Wort Arrak zusammenhängen. So heißt ein Zwetschenbranntwein in Ungarn Raki, Tresterbranntwein in Dalmatien Rakia, gegorene Stutenmilch (s. Bd. II, S. 137) der Tataren Aki oder Ariki, vergorener und aromatisierter Zuckersaft in Hindostan Rack oder Arrack, Branntwein aus dem Saft der Kakaopflanze in Südamerika Rack, vergorener Palmsaft in Aegypten Araki oder Rack usw. Auch der von Eingeborenen am oberen Orinoco nach MARCANO (1) aus Manihotmehl bereitete Yarak wäre hier zu nennen.

Der javanische Arrak ist sowohl Reis- wie Melasse-Arrak,

auch die Darstellung des Melasse-Arraks bedient sich gewöhnlich der Mitwirkung von Verzuckerungspilzen, die neben Hefen ein steter Bestandteil des malayisch als **Ragi** bezeichneten Hilfsstoffes sind. Ragi ist übrigens stofflich nichts anderes als das auf S. 320 u. f. auch als Chinesische Hefe besprochene Material, dessen Herstellung auf Java 5 gleichfalls in den Händen von Chinesen liegt. Wir haben uns zunächst mit ihm zu beschäftigen.

Die Ragi-Darstellung auf Java arbeitet nach mehr oder weniger komplizierten Rezepten. So mischt man nach VORDERMAN (1) in Buitenzorg das Reismehl mit Teilen von Zuckerrohr und zerkleinerten Rhizomen 10 von *Alpinia Galanga*, fügt Knoblauch und Zwiebeln hinzu und verrührt mit dem Fruchtsaft von *Citrus limonellus*; der Brei wird dann in die bekannte mehr oder weniger pfeffernußähnliche Hefenkuchenform gebracht, einige Tage mit Reisstroh bedeckt an einen feuchtwarmen Ort gelegt und die Kuchen schließlich in der Sonne getrocknet. Bisweilen 15 legt man sie auch noch zwischen Reisstroh oder knetet gehacktes Reisstroh hinein; übrigens fehlen Knoblauch und Galgant auch nach EIJKMAN (1) in keiner der zahlreichen Vorschriften. Ein derartiger Mehlbrei ist natürlich ein vorzügliches Substrat für Mikroorganismenentwicklung. Auch hier ist der Reis als hauptsächlicher Organismenträger das Wich- 20 tigste, denn WENT und PRINSEN GEERLIGS (1) stellten direkt durch Verkneten von Reismehl mit zuckerhaltigem Wasser und Trocknen zwischen Reisstroh brauchbaren Ragi dar. Sogar das Mehl von geschältem Reis enthält nach EIJKMAN schon die Keime.

Die Organismen des javanischen Ragi sind nicht wesentlich 25 andere als sie überhaupt in diesen Mehlkuchen Ostasiens gefunden werden (s. Bd. IV, S. 495 u. f.); wahrscheinlich kennen wir aber noch keineswegs alle. Man darf wohl annehmen, daß allgemein von einer konstanten Zusammensetzung keine Rede ist, sondern auch Mucoreen und Hefen von Fall zu Fall wechseln, da das Vorkommen dieser oder 30

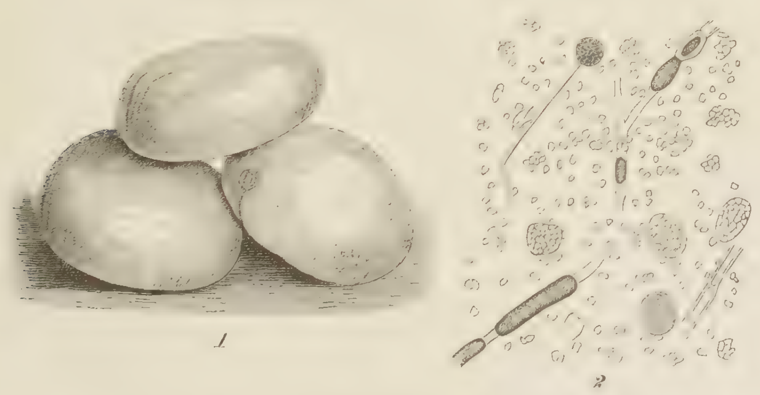


Fig. 24. Javanischer Ragi von Kagok-Tegal.
Drei Reismehlkuchen in annähernd nat. Größe (*1*) und mikroskopisches Präparat daraus (*2*) nach Abschwemmen der überschüssigen Stärke. — Nach WEHMER.

jener Species auf Grund der Bereitungsweise der „Hefe" dem Zufall überlassen ist. Die mikroskopische Untersuchung zeigt Hyphenfragmente, Gemmen, Hefenzellen, Bakterien, alles das aber fast verdeckt durch die Stärkemengen; erst nach Abschlemmen oder Lösen dieser er-

hält man deutlichere Bilder (s. *Fig. 24*). Ueber die verschiedenen Mucoreen dieses javanischen Materials, wie sie von EIJKMAN (1), WENT und PRINSEN GEERLIGS (1) und WEHMER (1) beschrieben worden sind, ist schon früher berichtet worden (s. Bd. IV, S. 481 u. f.). An
5 Hefen sind gleichfalls mehrere, aber meist nicht sehr gärkräftige Arten vorhanden. Vorherrschend war in dem von WENT und PRINSEN GEERLIGS (1) untersuchten Material ein als *Monilia javanica* bezeichneter Pilz (s. Bd. IV, S. 338). Sparsamer fand sich eine echte Hefe von untergärigem Typus (*Saccharomyces Vordermannii*; s. Bd. IV, S. 177) vor. Im Ragi findet sich
10 aber nicht die besondere bei der Melassengärung eine Rolle spielende Spalthefe (*Schizosaccharomyces Vordermani*).

Was über die javanische Arrakgärung an Näherem bekannt geworden ist, bezieht sich fast ausschließlich auf die Darstellung des Arraks aus Melasse.

15 Die Melassengärung geht von den in den Rohrzuckerfabriken abfallenden nicht-kristallisierenden Rückständen mit ca. 25—40 Proz. Saccharose, 8—16 Proz. Dextrose und 6—16 Proz. Lävulose aus. Die Gärung der durch Wasserzusatz entsprechend verdünnten Melasse kann man nach VORDERMAN (1) im einfachsten Falle schon durch ungeschälte
20 Reiskörner einleiten, gewöhnlich geht ihr aber als besondere Phase die Herstellung eines besonderen, als **Tapej** bezeichneten Produkts voraus, das aus Ragi und gekochtem Reis bereitet wird.

Die Tapej-Darstellung bezweckt also die Heranzüchtung bezw. Vermehrung der im Ragi vorhandenen Organismenkeime. Da dies Pro-
25 dukt säuerlichen Charakter trägt, erinnert es an die Hefenmaische der deutschen Brennereien. Zwecks Darstellung wird in dünner Schicht auf flachen Schalen ausgebreiteter gekochter Reis mit zerkleinertem Ragi bestreut und mit Blättern bedeckt an einem kühlen Ort aufgestellt. Binnen zwei Tagen verwandelt er sich unter Auftreten heller Mycelien
30 in eine halbflüssige, schmutzigweiße Masse von süß-säuerlichem Geschmack, deren Saft 20—30 Proz. Zucker enthält: die diastatische Wirkung der Mycelien setzt also sehr bald ein. Was sonst noch in dem in wilder Gärung begriffenen Reis vor sich geht, bleibt noch festzustellen. Anscheinend findet auch Milchsäuregärung neben etwas Alkohol-
35 und Essigbildung statt; Angaben über das Auftreten von Milchsäurebakterien sind bislang aber von keinem der Forscher gemacht worden. Der entstehende, zum Teil weiter vergorene Zucker ist EIJKMAN (1) zufolge Maltose und Dextrose. WENT und PRINSEN GEERLIGS (1) fanden jedoch nur Dextrose neben Dextrinen (vergl. Bd. IV, S. 521). Nach un-
40 gefähr drei Tagen ist der mikroskopisch vorzugsweise Mucoreen-Elemente zeigende Tapej zum Anstellen mit Melasse fertig.

Es folgt nun die eigentliche Gärung. Hierzu wird zunächst nach WENT und PRINSEN GEERLIGS sowie VORDERMAN mit kleineren Melassenmengen gemischt und schließlich nach ungefähr zwei Tagen in
45 die großen mit Melasse beschickten Gärkübel gefüllt, wo sich dann eine viertägige stürmische Gärung vollzieht. Nach Ablauf wird auf irdene Töpfe gefüllt, in denen noch acht Tage lang eine schwache Nachgärung stattfindet. Als Schluß folgt dann die Destillation. Arbeitsweise und Gärdauer sind jedoch an den einzelnen Orten Javas nicht dieselben: so
50 beschreibt EIJKMAN (1) das Verfahren im einzelnen folgendermaßen.

Von dem Tapej werden zunächst ca. 30 kg schwere Massen in einem hölzernen Faß mit Siebboden bereitet, alsdann im ganzen herausgenommen und in einem Gärbottich mit 2—3 hl Melasse schwimmen

gelassen. Am nächsten Tage wird der Inhalt nach Zerkleinerung des Tapej-Kuchens in einen größeren Bottich übergegossen, der mehr als zur Hälfte mit Melasse (1 Teil auf 2 Teile Flußwasser) angefüllt ist. Hierauf wird der erste Bottich wieder gefüllt, um eine neue Tapej-Masse zu erhalten, der Rest verbleibt einen Tag im zweiten Gefäß und wird dann auf mehrere Gärbottiche verteilt. Nach acht- bis zehntägiger Gärung, in deren Verlauf wiederholt Melasse zugefüllt wurde, wird auf ca. 15 Liter fassende Töpfe gefüllt, wo Nachgärung und Bodensatzbildung stattfindet. Nach weiteren acht Tagen wird die jetzt säuerlich schmeckende Flüssigkeit destilliert. Das Destillat enthält ca. 50 Gew.-Proz. Alkohol; es hat zum Unterschied von Reisbranntwein einen von der Melasse herrührenden süßlich-brandigen Geruch. Auf die chemische Zusammensetzung ist unten noch kurz zurückzukommen.

Die Zahl der sich an der Alkoholbildung beteiligenden Gärungsorganismen dürfte keine geringe sein, spezielle darauf gerichtete Untersuchungen haben hier noch manches zu klären, auch gilt das bei Besprechung des chinesischen Reisbranntweins hinsichtlich Verbesserungsbedürftigkeit des Verfahrens Bemerkte in ganz gleicher Weise. Vorweg dürfen wir annehmen, daß auch Mucoreen, wenngleich vielleicht nur in bescheidenem Maße, beteiligt sind, denn der im Ragi reichlich vorkommende *Mucor javanicus* z. B. erregt als Mycel wie als Kugelhefe lebhafte Gärungserscheinungen und erzeugt nach WEHMER (2) bis 6 Proz. Alkohol. In erster Linie kämen aber, wie man annehmen sollte, die Hefen des Ragi in Frage. Dem scheint aber trotzdem nicht so zu sein, vielmehr spielt die Hauptrolle in den gärenden Melassenmaischen Javas ein zuerst von VORDERMAN (1) gesehener und von EIJKMAN (1) näher verfolgter eigenartiger Organismus, den letzterer auf Grund seiner Vermehrung durch Zweiteilung (s. *Fig.* 25) bei den Bakterien unterbringen wollte. Einstweilen hat man ihn als Spalthefe aufgefaßt und der Gattung *Schizosaccharomyces* (s. Bd. IV, S. 189) zugeteilt (*Sch. Eijkmani*, richtiger aber wohl als *Sch. Vordermani* zu bezeichnen). Sporenbildung ist von ihm aber bislang nicht bekannt, seine Zugehörigkeit zur Gattung *Schizosaccharomyces* vielleicht auch zweifelhaft.

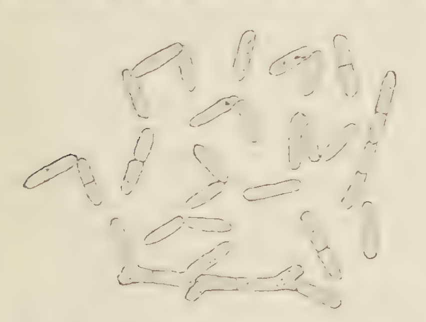


Fig. 25. Schizosaccharomyces Vordermani. Dreschflegelmikrob VORDERMAN's aus gärender Melasse. Vergr. ca. 400. Nach EIJKMAN.

Diese Spalthefe mißt nicht weniger als 20—40 μ in der Länge, bei 5—6 μ Dicke. Die Doppelstäbchen ähneln nach VORDERMAN der Gestalt eines Dreschflegels („Dreschflegelmikrob“). Sie invertiert Rohrzucker und vergärt auch verdünnte sterile Maische in ca. zwei Wochen unter lebhafter Schaumbildung; das Destillat hatte nach EIJKMAN alle Eigenschaften von gutem Arrak. Das Auffällige ist nun aber, daß dieser Organismus weder im Ragi noch im Tapej vorhanden ist, sondern entweder aus der Melasse oder wahrscheinlicher aus dem zum Verdünnen benutzten Flußwasser stammen muß; er findet sich also auch nicht in vorher sterilisierter und mit Tapej versetzter Melasse ein, obschon diese in EIJKMAN's Versuchen regelrecht vergor, auch ein arrakähnliches Getränk lieferte. Es ist dabei nötig zu wissen, daß nach dem in Arrakfabriken üblichen Verfahren die mit Flußwasser verdünnte Melasse ohne

vorherige Sterilisation zur Gärung angesetzt wird. In den Arrakfabriken Batavias ist diese Spalthefe ein konstanter Begleiter der Melassengärung und erhält sich auch fortdauernd in den Gärbottichen, da immer wieder mit schon gärender Melasse angesetzt wird. EIJKMAN fand sie aber ebenso in Fabriken an anderen Orten Javas. Diese Feststellungen sind um so bemerkenswerter, als Spalthefen nach GREG (1) auch bei der westindischen Rumgärung von Bedeutung sind (s. § 85).

Welche Rolle demgegenüber die sonstigen Alkoholgärungspilze spielen, ist heute wohl noch nicht ganz klar zu übersehen. Da jene Spalthefe nur ungefähr 20 Proz. des vergorenen Zuckers an Alkohol erzeugt, so könnte man an ein Zusammenarbeiten mit stärker vergärenden Hefen denken, doch ist die Ausbeute der batavischen Arrakfabriken nach EIJKMAN tatsächlich nicht über 20 Proz. Die von WENT und PRINSEN GEERLIGS (1) mit *Saccharomyces Vordermannii* angestellten Gärversuche ergaben, daß dieser allerdings in zehn Tagen von den vorhandenen 18,3—22,3 Proz. Saccharose 18—19 Proz. vergor; auch war das Destillat von feinem Geruch und Geschmack und enthielt neben etwas Aldehyd ca. 0,103 Proz. Aethylacetat, aber weder freie Säure noch andere Alkohole. *Monilia javanica* erzeugte dagegen einen wenig angenehm riechenden Arrak, stellte auch schon bei 5 Proz. Alkohol Wachstum wie Gärung ein; trotzdem scheint sie gelegentlich in Arrakgärungen vorzuherrschen. 9—10 Proz. Alkohol hinderten übrigens auch die Gärung durch *Sacch. Vordermannii.* Die beiden letztgenannten Pilze sind durch WENT und PRINSEN GEERLIGS ebenfalls auf ihre sonstigen physiologischen Eigenschaften untersucht worden.

Ueber die auf Java übliche Arrak-Darstellung aus Reis allein (Reisarrak) liegen nur Andeutungen vor, wenigstens über Umfang und Bedeutung dieser Fabrikation sagt die Literatur nichts. Die meisten Fabriken scheinen eben Melasse-Arrak herzustellen, und das ist wohl auch das vorzugsweise nach Europa exportierte Produkt. Die Reisarrak-Sorten sollen als feiner gelten, man verwendet dazu insbesondere den auf Java als Ketan bezeichneten Klebreis von *Oryza glutinosa*, der nach vorhergehendem Dämpfen durch die mit dem Ragi bezw. Tapej ausgesäten Organismen verzuckert und vergoren wird. Man verfährt also so wie bei der Darstellung des chinesischen Reisbranntweins.

Zur chemischen Zusammensetzung des Arraks sei bemerkt, daß der Alkoholgehalt guten batavischen Arraks nach Analysen SELL's (1), dem fünf Proben echter Handelsware vorlagen, sich auf 50,55—58,03 Vol.-Proz. (48,74—50,78 Gew.-Proz.) beläuft; vier der Proben waren fuselfrei, sämtliche enthielten jedoch Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Caprinsäure als freie Säuren (saure Reaktion des Arraks) sowie als Ester, mehrfach waren Spuren von Zucker (Invertzucker, Rohrzucker, nicht über 17 mg in 100 ccm) vorhanden, die wohl durch das primitive Destillationsverfahren hineingelangen. Neben dem echten Arrak begegnet man im Handel nicht selten Verschnitt- und Façon-Arrak, ersterer durch Wasserverdünnung aus dem echten, letzterer aus anderen minderwertigen Rohstoffen hergestellt. Der Chemiker vermag zufolge SELL jedoch nicht mit Sicherheit Echtheit oder Unechtheit eines bestimmten Fabrikats nachzuweisen. Auf ältere Arrakanalysen von W. FRESENIUS (1) und J. KÖNIG sei hier kurz hingewiesen.

Mit Hilfe des Ragi bereitet man, wie hier nachgetragen werden mag, auf Java außerdem für Genußzwecke den bereits genannten Tapej

und aus ihm Brem. Tapej wird als solcher auch, einschließlich der Pilze, von den Eingeborenen genossen und soll von nicht unangenehmem Geschmack, im ganzen aber für europäische Begriffe wenig appetitlich, auch von hefenartigem Geruch sein.

Brem, eine wesentlich aus Zucker bestehende Leckerei, wird dargestellt, indem man Tapej drei Tage sich selbst überläßt, nunmehr auspreßt und den Saft an der Sonne zum Sirup einengt, wobei beigemischter Alkohol und Essigsäure größtenteils fortgehen. Auf kleine aus Bananenblättern gefertigte kegelförmige Düten gefüllt, erstarrt die Masse beim Abkühlen; man zieht den Inhalt dann an einem vorher eingebrachten Reishalm heraus und bringt mehrere zu einem Bund vereinigt auf den Markt. Die weiße schwach säuerlich-süß schmeckende Masse besteht im wesentlichen aus Zucker, und zwar aus Dextrose (vergl. Bd. IV, S. 521); eine Probe hatte nach WENT und PRINSEN GEERLIGS (1) folgende prozentische Zusammensetzung: Dextrose 69,02, Dextrin 10,63, Wasser 18,75, Mineralstoffe (Asche) 1,20.

Stärkeverzuckerung durch Pilze ist übrigens, wie hier nachgetragen werden mag, nicht bloß in Ostasien üblich. Die Reismehlkuchen von Sikkim, deren man sich in Vorderindien nach NECHITCH (1) und CHODAT bedient, sind bereits auf S. 484 des Vierten Bandes erwähnt worden. In Südamerika bereiten wilde Stämme am oberen Orinoco aus dem Mehl der Manihot-Wurzel (Cassave) nach MARCANO (1) ein berauschendes Getränk, Yarak, indem jenes, angefeuchtet, zunächst mit Bananenblättern bedeckt einige Tage sich selbst überlassen wird. Aus der zu Zylindern geformten mit Bananenblättern umwickelten gekneteten Masse läuft dann eine dicke zuckerreiche Flüssigkeit ab, die nach Verdünnen mit Wasser rasch in Gärung übergeht. Ueber den Pilz, dessen Mycelien den Mehlbrei durchsetzen und auflösen, teilt MARCANO allerdings Näheres nicht mit, vermutlich handelt es sich auch da um eine Mucoree. Dieser Yarak gehört übrigens in die Gruppe der nicht-destillierten bier- und weinartigen Getränke, schließt also an Reiswein (s. S. 245) an.

Den Namen Arrak tragen auch destillierte Flüssigkeiten, die aus verschiedenen zuckerhaltigen Pflanzensäften nach spontaner Vergärung gewonnen werden. Auch in Süd-Ostasien werden derartige Branntweine vielfach dargestellt, sie liegen aber, da stärkehaltige Rohstoffe bei ihrer Bereitung fortfallen, außerhalb unserer Betrachtung. Daß es sich auch da um keine unbedeutende Industrie handelt, zeigt beiläufig die Steuerstatistik: denn auf Ceylon wird allein jährlich mehr als eine Million Mark Steuer für Darstellung von Arrak erhoben, den man hier und auch in Ostindien aus dem Toddy- oder Palmwein, dem vergorenen Saft zumal der Cocospalme (*Cocos nucifera*), gewinnt. Ueber die Hefen dieses aus den Wundflächen abgeschnittener Blütenkolben ausfließenden und der rapid eintretenden spontanen Gärung überlassenen zuckerreichen Saftes ist Näheres nicht bekannt. Einige bezügliche Angaben findet man in dem neueren Buch von NEUVILLE (2), einer übersichtlichen Zusammenstellung und sachkundigen Behandlung der ostasiatischen Gärverfahren, sich übrigens auch durch gute Kenntnis speziell der deutschen Literatur auszeichnend.

§ 82. Awamori, japanischer Reisbranntwein und Batatenbranntwein.

Ein Reisbranntwein ist im wesentlichen auch das zufolge der Angaben Inui's (1) auf den Luchu-Inseln (unweit Formosa) seit einigen hundert Jahren dargestellte, dem Whisky ähnliche Getränk **Awamori** (d. h. Schaumwein). Hier findet wie beim Saké (s. S. 246) zunächst eine Koji-Bereitung statt; der verzuckernde Pilz ist jedoch ein anderer, nämlich *Aspergillus luchuensis* (s. Bd. IV, S. 210). Da die Awamori-Darstellung hier ursprünglich von den Chinesen gelernt worden sein soll, dürfte man übrigens ähnliche Verfahren auch in China selbst finden.

Die Darstellung ist nach den vorliegenden kurzen Angaben im wesentlichen eine wilde alkoholische Gärung der durch Awamori-Koji verzuckerten Reismasse mit rasch folgender Destillation. Mit Saké verglichen, fällt also die vorherige Heranzucht der Alkoholhefen im „Moto" fort; das Verfahren gliedert sich in Koji-Bereitung, Maisch- und Gärprozeß, Destillation. Koji ist hier aber offenbar nicht bloß Hilfsstoff zur Gewinnung größerer Mengen Maische aus gedämpftem Reis, sondern eigentliches Rohmaterial, wird also nach Fertigstellung direkt eingemaischt und vergoren. Der Prozeß spielt sich auch mit weit kleineren Materialmengen ab, es handelt sich daher nach den von Inui gegebenen Zahlen nicht um eine „Großindustrie".

Man verfährt in folgender Weise: Der gewaschene geschälte Reis wird, nach zuvorigem Vorquellen in Wasser, gedämpft und nach Ausbreiten auf Strohmatten in einer Kojihütte bei 60—70° mit dem Sporenmaterial („Tane-Koji") des auf Hirse kultivierten Pilzes gemischt, mit Matten bedeckt und ca. vier Tage bei ca. 30° sich selbst überlassen. Die Pilzhyphen verflechten die durchwachsenen Reiskörner zu größeren Klumpen, die Oberfläche bedeckt sich mit den dunklen Konidienträgern. Jetzt folgt sogleich die zweite Phase, das Maischen (Darstellung des Moromi), indem der Koji in einem Bottich mit Wasser verrührt wird. Dieser Masse setzt man etwas „Tane-Moromi" (= bereits in Gärung begriffener Koji) zu, worauf die Gärung alsbald einsetzt und nach 17—18 Tagen (im Winter nach 30 Tagen) beendet ist. Einzelheiten über Verlauf der Verzuckerung und erreichte Alkoholzahlen sind nicht bekannt. Dem fertigen Destillat setzt man geröstete Hirse zu. Das Getränk zeigt beim Ausgießen lebhafte Schaumbildung (daher „Schaumwein").

An der von jeher von Bottich zu Bottich übertragenen Alkoholgärung beteiligt sich wohl eine größere Zahl von Hefen. Inui isolierte bislang eine als *Saccharomyces Awamori* (s. Bd. IV, S. 130) bezeichnete sporenbildende Art, die in Würze freilich nur 6 Proz. Alkohol gab, sowie eine Art aus der Gattung *Willia* (s. Bd. IV, S. 187) mit deutlicher Säure- und Esterbildung (Aromaerzeugung).

Im Anschluß ist hier auch ein Branntwein zu erwähnen, der bei der Saké-Darstellung als Nebenprodukt gewonnen wird. Dieser **japanische Reisbranntwein** (Shôchû, d. h. Alkohol) wird aus Abfällen und Rückständen beim Sakébrauen destilliert, zumal auch aus den nach beendetem Abpressen (s. S. 249) in den Beuteln verbleibenden Reisresten mit 6 Proz. Alkohol; auch der feste Bodensatz der Fässer, trübe Abläufe, insonderheit aller verdorbene Reiswein, soweit er nicht der Essigerzeugung dient, wird hierzu verwertet. Hoffmann (1) hat seinerzeit eine Beschreibung des Verfahrens gegeben. Das Destillat hat 20—50 Proz.

Alkohol, es geht vorzugsweise in die Myrin-Fabrikation (s. S. 250); die Rückstände verwendet man als Dünger. Nach den vorliegenden nur älteren Angaben bei REIN (1) und RATHGEN (1) wurden in den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts jährlich ungefähr 40—60000 Koku erzeugt; die Steuer pro Koku (à 1,81 hl) belief sich auf 3 Yen (= 8 Mark).

Zufolge neuester Mitteilung SAITO's (1) aus dem Jahre 1907 gewinnt man im südlichen Japan eine besondere Art Branntwein auch aus Batatenknollen, deren 13—17 Proz. Stärke bald durch *Aspergillus Oryzae* (so in der Provinz Satzuma), bald durch einen spontan auftretenden wilden *Aspergillus* (so auf der Insel Hachijo) verzuckert wird. SAITO beschreibt speziell die Darstellung des **Batatenbranntweins** auf Hachijo mit den drei Phasen der Koji-Bereitung (aus Gerste, Hirse und Mohrenhirse, die nach Rösten und Dämpfen sich von selbst mit dem *Aspergillus* bedecken), Moromi-Darstellung und Destillation. Abweichend von Sakékoji ist dieser Koji tief braunschwarz gefärbt; sein dem *Aspergillus niger* sowohl in der Farbe wie morphologisch ähnlicher Pilz wurde von SAITO als eine neue Art, *Asperg. Batatae*, beschrieben. Nach Vermischen des Koji mit der gedämpften Batatenmasse beginnt alsbald Verflüssigung und Gärung der durch den Pilz dunkelgefärbten, an Hefen und Bakterien reichen Maische, in der neben Alkohol- auch Milchsäure-Bildung verläuft, letztere durch eine stäbchenförmige Bakterienart, erstere durch eine sporenbildende Hefe (*Saccharomyces Batatae*) hervorgerufen, welch letztere aber nur 3 Proz. Alkohol erzeugt. Nach 5—7 Tagen unterwirft man die gegorene Flüssigkeit der Destillation. Neben *Asp. Batatae* enthielt der von SAITO untersuchte Koji noch zwei weitere Schimmelformen, nämlich *Aspergillus pseudoflavus* und *Rhizopus chinensis* SAITO (s. Bd. IV, S. 500), die aber praktisch nicht in Frage kommen sollen.

§ 83. Die Aspergillus-Verzuckerung im Occident. (Takamine-Verfahren, Taka-Diastase.)

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, den Reis-Aspergillus auch in anderen Ländern technisch auszunutzen, zu einem durchschlagenden Erfolg scheinen sie jedoch nicht geführt zu haben. Angestrebt wurde zunächst seine Verwendung als Malzersatz im Brennereigewerbe, weiterhin dann auch zur Darstellung von Diastase (Taka-Diastase). Nachdem die erstgenannten Versuche bereits seit Jahren wieder abgebrochen sind, dürfte eine Erörterung derselben hier eigentlich in Fortfall kommen, das ihnen zukommende Interesse rechtfertigt jedoch ein kurzes Eingehen.

Das **Takamine-Verfahren**, das nach seinem Urheber, dem Japaner TAKAMINE, benannt ist, besteht kurz in der Verwendung eines Auszuges des auf Weizenkleie herangezüchteten *Aspergillus Oryzae* (s. Bd. IV, S. 203) zur Verzuckerung des gedämpften Maises. Der Pilz wird also in Reinkultur, doch in großem Maßstabe und auf einem möglichst billigen Material, zur Entwicklung gebracht, die aus diesem alsdann extrahierte Lösung enthält die Diastase. Nach Meinung des Patentinhabers sollte der Aspergillus hierbei vermöge einer von ihm gebildeten Sproßform auch die Alkoholgärung durchführen, doch ist praktisch von vornherein mit einer japanischen echten Hefe gearbeitet worden und diese Annahme — wie schon früher mitgeteilt (s. Bd. IV, S. 146) — überhaupt unzutreffend. Nachdem TAKAMINE im Jahre 1889 mit seinen Ideen hervorgetreten war,

unternahm eine nordamerikanische Gesellschaft deren praktische Durchführung in einer für diesen Zweck zu Peoria (Illinois) geschaffenen großen Anlage, welche die Gewinnung von Spiritus aus Mais bezweckte; Berichte über diese und ihre Arbeitsweise liegen von europäischen
5 Augenzeugen, so von SAARE (2) und DELBRÜCK (2), vor. Hier wurde die mit den Pilzsporen gemischte sterile Kleie zur Erzielung einer reichlichen Pilzvegetation zunächst einige Tage bei 40 ° gehalten und das Ganze dann in großen Diffusionsapparaten extrahiert, der Auszug wurde sogleich mit dem inzwischen in Dämpfern vorbereiteten Mais gemaischt.
10 Der Verzuckerungsprozeß sollte nur 15 Minuten dauern: die durch eine nicht näher beschriebene japanische Hefe eingeleitete Gärung war bei ca. 21—32 ° in 3—4 Tagen beendet (6 ° Balling, 6 Proz. Alkohol). Auf 100 kg Mais sind nach Angaben aus dem Betrieb 37,2—40 Proz. Alkohol gewonnen, das heißt 2,5—5 Proz. mehr, als sonst erhalten wird, so daß
15 die ausgerechnete Ersparnis auf 100 l Alkohol in Geld rund 6,72 M. betrug. Trotz dieser einer Rentabilität des Verfahrens günstigen Rechnung scheinen aber doch irgend welche störenden Momente seine Einstellung herbeigeführt zu haben; schon nach einigen Jahren ging der Betrieb ein. Die Idee einer Nutzbarmachung der wirksamen Aspergillus-
20 Diastase ist damit jedoch nicht erloschen, sie ist bis in die letzten Jahre weiter verfolgt worden. Es ist hier der Ort, auf diese Diastase selbst kurz einzugehen.

Die **Diastase des Aspergillus Oryzae** (Eurotin, Taka-Diastase) ist bereits auf S. 240 des Vierten Bandes kurz erwähnt worden. KORSCHELT (1)
25 bezeichnete im Jahre 1876 das seiner Meinung nach der Malzdiastase sehr ähnliche Enzym als „Eurotin“ und läßt es bei einer Optimaltemperatur von 45—50 ° C Stärke in Dextrin und Maltose verwandeln. ATKINSON (1) wies im Jahre 1881 unter den Reaktionsprodukten das Vorhandensein von Dextrose nach, ihm zufolge ergibt die Verzuckerung Dextrin und
30 Dextrose, das Enzym — richtiger das Extraktgemenge — spaltete aber auch Rohrzucker und Maltose; schon in dem Koji selbst ermittelte derselbe die Anwesenheit erheblicher Dextrose-Mengen. Nach BÜSGEN (1) im Jahre 1885 studierten dann im Jahre 1895 KELLNER, MORI und NAGAOKA (1), welche im Koji Maltose neben Dextrose fanden, das von
35 ihnen als „Invertase“ bezeichnete Enzym eingehender, indem sie den Koji-Extrakt auf verschiedene Zucker wirken ließen. Rohrzucker wurde invertiert, Maltose in Dextrose verwandelt, Milchzucker und Inulin jedoch nicht angegriffen, aus Stärke entstanden nach kürzerer Einwirkungsdauer Dextrin, Maltose und Dextrose. Sie schlossen daraus,
40 daß das Koji-Enzym von der Malzdiastase gänzlich verschieden sei; mit Recht lassen sie es aber dahingestellt, ob hier ein einheitlicher Körper oder ein Gemenge mehrerer Enzyme vorliegt. Wenn wir nicht grundlos annehmen wollen, daß ein einziges Enzym die Wirkungen der Diastase, Maltase und Invertase in sich vereinigt, so haben wir dem
45 natürlich beizustimmen, und es bliebe nunmehr die Aufgabe, dies durch Trennung der Enzyme voneinander exakt nachzuweisen. Die invertierende Wirkung speziell wurde nach letztgenannten Forschern bei Gegenwart von 0,6—0,7 Proz. Milchsäure gänzlich aufgehoben, dagegen dauerte die diastatische auch noch bei 20 Proz. Kochsalz-Zusatz
50 wenn auch stark geschwächt an, schon 2 Proz. setzten sie auf ungefähr die Hälfte herab; über weitere Feststellungen auch von KOZAI sowie EFFRONT vergleiche man Bd. IV, S. 241. Aehnlich wirkte nach früheren Ermittlungen von NASSE (1) Kochsalz auf Malzdiastase. Säuren-, Alkali-

wie Wärmewirkung auf das Verzuckerungsvermögen wurden später auch noch von Okamura verfolgt.

Die weitere wissenschaftliche Literatur über diese Amylase ist sparsam, die technische bringt, ohne den Gegenstand selbst nennenswert zu fördern, nicht selten etwas verworrene Angaben über die Pilzwirkung; zumal sind da die verschiedenen Patentschriften Muster wenig klarer Ausführungen. Als diastatisches und alkoholisches Ferment T a k a k o j i beschreibt z. B. der schon genannte Takamine (1) den auf Kleiekulturen gezüchteten Pilz, bezw. das aus ihnen gewonnene im Vakuum eingeengte Extrakt, das nach dem Kristallisieren Diastase in großer Reinheit liefern soll und vollkommener als das beste Malz verzuckere. Auf die hier als Tatsache hingestellte bloße Vermutung, daß der Aspergillus auch die alkoholische Gärung bewirke, braucht nicht noch einmal eingegangen zu werden. Eine klarere Darstellung gab der genannte Autor (2) erst später im Jahre 1898, wo er den wässerigen Extrakt der von dem Reisschimmel durchsetzten Weizenkleie mit Alkohol fällte und so nach Trocknen und Pulvern des Niederschlages eine T a k a - D i a s t a s e als wasserlösliches, geruchloses, kaum gefärbtes Pulver gewann, das unbegrenzt lange haltbar, zumal auch von erheblichem Verflüssigungsvermögen gegenüber Stärke sich erwies. Mit der Malzdiastase verglichen, verflüssigt, wie Stone und Wright (1) feststellen konnten, diese Taka-Diastase den Stärkekleister schneller, doch verschwindet die Jodreaktion merklich langsamer; als technischen Malzersatz wollen dieselben sie aber für sehr geeignet halten, auch soll nach Effront (1) ihre Wirkung durch Asparagin, Aluminiumsalze, Phosphate noch zu steigern sein. Bei der Prüfung zwecks therapeutischer Verwendbarkeit stellten Strauss und Stargardt (1) fest, daß die Wirkung in Magensäften mit 0,11 Proz. freier Salzsäure nur noch gering ist, bei 0,139 Proz. Säure aber ganz aufhört. Nach Wingrave (1) war das Präparat minder empfindlich als Malzdiastase. Ob diese Diastase identisch mit Malzdiastase ist, läßt Wróblewski (1), der neuerdings ihre Reindarstellung versuchte und demzufolge sie ein den Proteosen nahestehender Proteinstoff ist, noch offen. Von Barth (1) ist ein derartiges Präparat noch mit einigen anderen Handelspräparaten verglichen worden: Verzuckerungsvermögen (als „Fermentativ“-Vermögen bezeichnet), Wasser- und Aschengehalt (in Proz.) waren folgende:

	I. Taka-Diastase	II. Malzdiastase	III. Tierische Diastase
Fermentativ-Vermögen:	8,63	11,5	27,4
Asche:	2,65	6,77	13,09
Wasser:	10,35	7,75	5,64

Zu beachten bleibt dabei, daß das Präparat „Taka-Diastase“ keine einheitliche Substanz, sondern eben ein Gemenge mehrerer Enzyme ist. Dessen Maltase-Gehalt bedingt bei Einwirkung auf starke Dextrose-Lösungen auch die Rückbildung (Reversion) von Maltose (s. Bd. IV, S. 415).

Ueber unsere Aspergillus-Diastase finden sich übrigens selbst in der besseren Literatur manche unrichtigen Darstellungen, auf die hier ein Hinweis am Platze ist. So sagt Green (1), daß man noch nicht bestimmt wisse, ob der Reis oder der Pilz die Quelle des Enzyms sei; dieser Punkt ist aber noch nie zweifelhaft gewesen. Noch störender ist, daß Green hier die zahlreichen früheren Nachweise der diastatischen Wirkung des Reisschimmels ganz übergeht.

Es ist hier nicht unsere Aufgabe, der wissenschaftlich prinzipiell Neues nicht bietenden P a t e n t l i t e r a t u r auf dem Gebiete der Pilz-

verzuckerung zu folgen; die Zahl neuer Verfahren in den letzten zehn Jahren, beginnend mit dem TAKAMINE's, ist keine geringe, steht aber wohl im umgekehrten Verhältnis zu deren technischen Wert. Erwähnt sei hier nur die Absicht CALMETTE's (2) zur Darstellung von Dextrose aus 5 Mais mit Hilfe zuckerbildender Pilze (*Aspergillus*, *Mucor*); es sollen so 97 Proz. Ausbeute an Zucker (mit geringem, unter 3 Proz. liegendem Dextrin-Gehalt) gewonnen werden. BARBET (1) will im Jahre 1900 durch Mithilfe ebensolcher Pilze aus verzuckerten Würzen neben Alkohol Preßhefe gewinnen; das Verfahren berührt sich mit dem im nächsten 10 Paragraphen zu erörternden älteren Amylo-Verfahren. Aehnlich war auch schon das frühere die Taka-Diastase benutzende Verfahren von TAKAMINE (3), neue Ideen bietet es also nicht.

§ 84. Die Mucoreen-Verzuckerung im Occident. (Das Amyloverfahren.)

15 CALMETTE (1), der schon im Jahre 1891 für die französischen Besitzungen in Hinterindien die Verwendung reingezüchteter Pilze an Stelle der „levure chinoise“ mit ihrem unreinen Pilzgemenge empfahl, ist bei diesem Vorschlage nicht stehen geblieben; er unternahm alsbald selbst in Europa die Ausführung seiner Idee. Er versuchte, den *Mucor* 20 *Rouxii* (seinen *Amylomyces*; s. Bd. IV, S. 481) als Malzersatz in die Brennereien Frankreichs einzuführen. Die ersten über dieses in Seclin bei Lille eingerichtete Verfahren in die Fachpresse gelangten Berichte waren ziemlich alarmierender Art; da sollte tatsächlich ein Pilz verwendet werden, welcher Stärke direkt auf Alkohol vergärt, an Ausbeute 25 und Qualität des Produkts außerdem alles Bisherige übertrifft. Erst allmählich wurde dann der wirkliche Sachverhalt genauer bekannt.

Das Amylo-Verfahren (von *Amylomyces*) benutzt allerdings den genannten *Mucor* als zuckerbildendes Agens, es verzichtet jedoch nicht auf die Verwendung von Malz und Hefe; zumal wird die alkoholische 30 Gärung der Maischen gerade wie bisher durch Hefeneinsaat bewirkt, das wesentlich Neue liegt aber in dem hier zum erstenmal gemachten Versuch zur Durchführung von Verzuckerung wie Vergärung in steriler Lösung, wodurch alle Nebenwirkungen von Fremdorganismen fortfallen. Die Arbeitsweise ahmt eine Reinkultur im Großen nach; der Schwer- 35 punkt liegt also in der Apparatur. Da neben besserer Ausnützung der Rohstoffe Verluste durch Verdunsten von Alkohol sowie Nebengärungen fortfallen, ist die etwas höhere Alkohol-Ausbeute verständlich; ihr stehen aber die Kosten für die großen Gärapparate und den durch die Sterilisierung bedingten Mehrverbrauch an Heizmaterial gegenüber, die wohl 40 nur zum Teil durch eine Malzersparnis gedeckt werden. Ueber die Ausführung des Verfahrens liegen genauere Mitteilungen von FERNBACH (1), COLLETTE und BOIDIN (1), CALMETTE und BOIDIN (1), FOTH (1), DELBRÜCK (1) und SAARE (1) aus den Jahren 1899—1900 vor. Es arbeiten nach ihm Brennereien in Frankreich, Belgien, Italien, Spanien, Ungarn; 45 über die auch in anderen Ländern (Rußland, Norwegen, Deutschland) gemachten Versuche ist seitdem nur wenig bekannt geworden, für deutsche Verhältnisse (zumal Kartoffelmaischen) scheint es aber nicht anwendbar zu sein. Im einzelnen ist es mehrfach modifiziert worden, auch den *Mucor Rouxii* hat man durch andere Pilze, wie *Rhizopus*-Arten (s. Bd. IV, 50 S. 495 u. 497) und *Aspergillus Oryzae*, zu ersetzen versucht; neuere be-

stimmte Mitteilungen fehlen jedoch. Ob die verschiedenen Patente aufrecht erhalten werden, ist wohl zu bezweifeln.

Das **Verfahren**, dem wir hier nur in kurzen Zügen folgen können, umfaßt die Prozesse der Maischenbereitung, Sterilisierung, Verzuckerung und Gärung, letztere beiden die Zeit von zusammen sechs Tagen beanspruchend. Das Rohmaterial (Mais) wird im Henze-Dämpfer mit dem doppelten Volumen Wasser ungefähr drei Stunden bei vier Atmosphären gehalten und nun in den Vormaischbottich getrieben, wo in einer halben Stunde bei 70° der Stärkekleister durch Grünmalz (2 Proz. des Maises) verflüssigt und teilweise verzuckert wird. Die Gärgefäße von außerordentlichen Dimensionen sind hermetisch verschließbare, mit Rührwerk versehene Eisencylinder von ca. 6 m Höhe mit Zuleitungsröhren für Dampf oder sterile Luft und Abzugsvorrichtung für die entwickelte Kohlensäure, außerdem rasch abzukühlen durch Wasserberieselung. Nach Sterilisierung und dem innerhalb fünf Stunden bewirkten Herunterkühlen auf 38° C erfolgt die Pilzaussaat in Gestalt einer aus dem Laboratorium gelieferten Reinkultur auf Reis im Gewicht von kaum 10 g, die sich alsbald zu einem die ganze Flüssigkeit durchsetzenden submersen Mycel entwickelt, dessen Diastaseausscheidung nunmehr Dextrine wie noch vorhandene unaufgeschlossene Stärke in gärungsfähigen Zucker umzusetzen beginnt. Die gleichzeitig einsetzende schwache alkoholische Gärung — mit deren Hilfe man früher allein arbeiten wollte — ist zu träge, um sie praktisch auszunutzen. Nunmehr erfolgt bei ca. 33° C der Hefenzusatz. Auch hier verwendet man wieder eine im Laboratorium vorbereitete Reinkultur, und zwar eine gute Brennereihefe (*Rasse II*; s. S. 266), von der ca. 10 g unter selbstverständlichen Vorsichtsmaßregeln zugeführt werden; gegenüber dem sonst üblichen Verfahren ist das eine minimale Menge, sie genügt aber, um schon nach einem Tage eine lebhafte Gärung aufkommen zu lassen. Verzuckerung und Gärung arbeiten jetzt nebeneinander; 3—4 Tage nach der Hefeneinsaat ist die Saccharometer-Anzeige auf 0° heruntergegangen, der Prozeß ist beendet (sechstägige Gärung) und es folgt die Destillation. Die nach der Art von Reinzuchtapparaten konstruierten Gefäße baut man bis zu einem Inhalt von 130000 l, eine französische große Brennerei soll nach Foth (1) deren 24 in Betrieb haben.

An Ausbeute gaben in dem ersten von Collette und Boidin zu Seclin errichteten Betriebe 100 kg Mais — 10000 kg werden zur Beschickung der Apparate von 1000 hl Inhalt verwendet — zufolge einer Reihe von Bestimmungen 36.45—37.45 l, auch 37.81 l, absoluten Alkohol; der verwendete Mais enthielt 57.45 Proz. Stärke. 100 kg Stärke sollen nach diesem Verfahren 66.6 l absoluten Alkohol geben, theoretisch wären 71.6 l möglich. Die beste Malzverzuckerung ergibt im Vergleich dazu bei Verarbeitung von Kartoffeln 63 l, also gegen das Amylo-Verfahren 3.6 l weniger. Nach Foth's Angaben wurden in der Ankerbrennerei zu Antwerpen aus 100 kg Rohmaterial (amerikanischer Pferdezahnmais mit durchschnittlich 60 Proz. Stärke) bei Verbrauch von 2 kg Malz (Ersparnis von ca. 13 Proz. des Maischmaterials) eine Ausbeute von 38.5—39.5 l absoluten Alkohol erzielt, was einer besseren Ausnutzung des Rohstoffes um 10—12 Proz. gegen das sonstige Verfahren entspricht; 35 l gelten schon als gute Ausbeute. Der Alkohol selbst soll von besserer Qualität sein. Daß dem Mehrgewinn auch Mehrkosten gegenüberstehen, wurde bereits erwähnt, eine Rentabilitätsrechnung ist aber hier nicht unsere Aufgabe. Da das Verfahren indes vergorene

Maischen von nicht wesentlich über 8 Proz. Alkohol liefert, so ist, wie Delbrück (1) gelegentlich einer rechnerischen Prüfung seiner Vorteile hervorhob, bei der in Deutschland bestehenden Maischraumsteuer an eine Einführung nicht zu denken, es sei denn, daß der Alkoholgehalt auf 12 Proz. zu steigern wäre. In Frage kämen da allenfalls zumal die zahlreichen landwirtschaftlichen Kartoffelbrennereien, doch sind die Versuche über Anwendbarkeit des Pilzes gerade für Kartoffelmaischen seitens Henneberg (1) und Werner sehr ungünstig verlaufen; die Vergärung solcher Maischen ist schlecht, auch sind sie in hohem Maße und trotz vorsichtigsten Arbeitens verderblich wirkenden Bakterieninfektionen ausgesetzt. Offenbar ist also diese Gefahr für Maismaischen geringer, und wohl nicht zum wenigsten diesem Umstande verdanken die großen Amylo-Apparate ihr meist tadelloses Funktionieren; vergl. Bd. IV, S. 497.

Mit Hilfe desselben Pilzes wollen Collette und Boidin (2) aus den Rückständen der Preßhefenfabrikation noch Alkohol gewinnen. Auch der *Aspergillus Oryzae* taucht in neueren derartigen Patentansprüchen wieder auf; ein näheres Eingehen erübrigt sich, etwaige Neuerungen sind nur technischer Art.

Alkoholgewinnung aus stärkehaltigen Rohmaterialien will Turner (1) auch durch eine Art „Indischer Hefe“ (Kugeln aus Reismehl bezw. Rindenteilen verschiedener Bäume) erzielen, deren Wirksames ein nicht näher beschriebener *Mucor* ist. Derartige neue Verfahren existieren bekanntlich nicht selten lediglich auf dem Papier, und so ist auch von Versuchen mit dieser Indischen Hefe nichts weiter bekannt geworden. Aus einem indischen „Hefe“-Material wurde übrigens auch der *Mucor Praini* (s. Bd. IV, S. 483) von Nechitch (1) und Chodat isoliert.

§ 85. Die westindische Rumbrennerei.

Die in den verschiedenen tropischen Ländern durchweg zur Herstellung alkoholischer Getränke benutzten Abfälle der Rohrzucker-Fabrikation liefern nicht nur den im § 81 besprochenen Arrak sondern auch den Rum. Die Aehnlichkeit der beiden aus dem gleichen Rohmaterial durch alkoholische Gärung dargestellten Produkte kommt in der chemischen Zusammensetzung (Gehalt an denselben organischen Säuren und deren Aethylestern) zum Ausdruck. Das Verfahren bei der Fabrikation des Rums weicht aber insofern von dem des Melasse-Arraks ab, als kein stärkehaltiger Hilfsstoff verwendet wird; der javanische Tapej mit seinem bunten Organismengemenge von Mucoreen, Hefen u. a. kommt also in Fortfall. Dafür sehen wir bei der Rumfabrikation in Gestalt des sogen. Dunder — der bei der Destillation zurückbleibenden, alten, Mikroorganismen enthaltenden Schlempe — ein anderes Hilfsmaterial eintreten, dem stellenweis große Bedeutung beigelegt wird.

Die Rum-Darstellung — eng mit dem Anbau des Zuckerrohrs verknüpft — wird ganz vorzugsweise in Westindien (Jamaica, Cuba, Guadeloupe, Martinique, St. Thomas, Trinidad, St. Croix, St. Vincent) und auf dem benachbarten Teil des südamerikanischen Festlandes (insbesondere Britisch und Holländisch Guyana, Brasilien) betrieben, überdies auch auf Madagaskar und Mauritius, untergeordnet in Ostindien und auf den Sundainseln, wo die Arrakfabrikation überwiegt. Es sind aber weder die übrigens nur lückenhaft bekannten Verfahren an den

einzelnen Orten — und selbst in verschiedenen Betrieben der gleichen Lokalität — die gleichen, noch die erzeugten Sorten gleichwertig. Als beste Sorte gilt der Jamaica-Rum, seine Superiorität gegenüber dem Cuba-Rum und anderen westindischen Marken (Trinidad, Demerara usw.) ist nach HERZFELD (1) sowohl durch die Art des Rohmaterials wie durch 5 die besonderen Verfahrungsweisen bedingt, hierbei soll gerade der noch auf S. 338 zu besprechende Dunder eine Hauptrolle spielen. Die Berichte über die meist nach Rezepten arbeitende Fabrikation sind nur kurz, auch nicht selten einander widersprechend; eine Zusammenstellung der früheren Literatur gab SELL (2) in seiner Studie über Cognac, Rum 10 und Arrak, neuere Angaben sind dann von GREG (1) hinzugekommen. Wir beschränken uns hier auf den Entwurf eines kurzen Bildes.

Die **chemische Zusammensetzung des Rums** ist wiederholt studiert worden. Das zwischen 46—94 Proz. Alkohol haltende Destillat wird für den Handel gewöhnlich auf eine Stärke von 73—77 Proz. gebracht, 15 französischer Rum hat nach GIRARD jedoch nur 50—65 Vol.-Proz. Alkohol. Neben älteren Analysen liegen da die sich auf unzweifelhaft echten Jamaica- bezw. Cuba-Rum beziehenden Untersuchungen von HERZFELD und SELL aus den Jahren 1890 und 1892 vor. Ob auch — wie MARCANO (2) angab — Methylalkohol (s. Bd. IV, S. 395) zugegen ist, läßt SELL (2) 20 nach seinen fruchtlosen Nachweisversuchen offen. Unstreitig sind aber höhere Alkohole (Fuselöle) vorhanden; in verschiedenen Jamaica- und Cuba-Rumsorten bewegte sich ihr Gehalt zwischen 0,037 und 0,140 Vol.-Proz., daneben war Aldehyd und Furfurol qualitativ nachzuweisen. Wiederholt diskutiert worden ist die Frage nach dem Gehalt 25 an Ameisensäure (s. Bd. IV, S. 384); es genüge hier, kurz die Tatsache zu konstatieren, daß diese Säure sowohl fehlen wie vorhanden sein kann, weder An- noch Abwesenheit ist also ein Kriterium für echten Rum. Man vergleiche darüber die Untersuchungen von LIST (1), BRUNNER (1), SCHUHMACHER-KOPP (1). Außerdem fand SELL regelmäßig 30 freie Essigsäure (0,047—0,105 g in 100 ccm), Buttersäure (0,002 bis 0,011 g), Caprinsäure (0,003—0,012 g) in den verschiedenen untersuchten Marken bezw. Sorten. In Esterform Bestandteile des Rumbouquets bildend, sind Essigsäure und Buttersäure zugegen, endlich auch Säuren von angenehmem obstartigen Geruch (Oenanthsäure bezw. Oenanth- 35 äther?). Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Caprinsäure als Aethylester sind von SELL qualitativ bestimmt worden. Rum und Arrak enthalten qualitativ wie quantitativ ungefähr dieselben Bestandteile, doch enthält der Rum nach den Analysen SELL's mehr Fuselöle und durchschnittlich den doppelten Gehalt an Essigsäureäthylester. 40 Handelsrum erhält außerdem durch Zusatz gebrannten Zuckers bräunliche Farbe. Der bis auf 0,48 Proz. steigende Extraktgehalt der Handelsware schließt Spuren Asche sowie etwas Invert- und Rohrzucker ein. Gewisse Rumsorten sollen nach LINDET (1) reich an organischen Basen sein, die schon vor der Gärung in der Melasse durch Mikroorganismen 45 gebildet werden, ein wohl näheren Verfolges werter Punkt.

Zur **Darstellung des Rums** überläßt man die nach dem Auskristallisieren des Rohrzuckers übrigbleibende sirupöse Melasse — neben Rohrzucker viel Invertzucker und aromatische Stoffe enthaltend — nach Verdünnen mit Wasser in Fässern oder großen irdenen Gefäßen der 50 Gärung, die langsam im Verlauf der nächsten Tage beginnt. Man fügt also — wenigstens galt das bis zur Mitte der neunziger Jahre — zunächst keinerlei besondere Hefe hinzu, bei späteren Ansätzen

benutzt man die Hefe der früheren Gärungen. Aus der Literatur ist nicht klar zu sehen, inwieweit das Eintreten der ersten Gärung durch Organismen des zugesetzten Dunders und des Inhaltes des Trash-Behälters (= Behälter mit abgepreßtem Zuckerrohr, in dem auch Milchsäure, Essigsäure und Buttersäure zugegen sind) beschleunigt wird, jedenfalls enthält die in den Fabriken nicht sterilisierte Melassenlösung bereits reichlich Hefen, erhält solche auch da weiterhin zugeführt, wo Teile des Zuckerrohrs oder frischer Rohrsaft ihr beigemengt werden. Das Destillat der vergorenen Masse ist der Rum. So in den Hauptzügen; im einzelnen kommen mancherlei Besonderheiten vor, auch hat vielleicht die neuere Zeit den Forderungen der Reinzucht und Reingärung einige Konzessionen gemacht. Die Güte des Fabrikats hängt übrigens von mancherlei Umständen ab, der beste Rum wird nur aus Melasse dargestellt; vielfach mischt man ihr aber Abfälle des Zuckerrohrs sowie den vom einkochenden Zuckersaft abgefüllten Schaum (Skimmings), auch frischen Zuckersaft und die früheren Destillationsrückstände (Dunder) bei. Auch aus Skimmings und Abfällen allein erzeugt man eine geringe Sorte (Neger-Rum). Der Zuckergehalt der zu vergärenden Flüssigkeit mag sich auf 12 bis 20 Proz. belaufen, die Gärdauer wird sehr verschieden (3—4 bis ca. 14 Tage) angegeben.

Aeltere Mitteilungen über Rumfabrikation sind schon von PORTER, ROBINSON (1) u. a. gemacht worden, spätere stammen von MOREWOOD (1), welche auch der immerhin schon 30 Jahre alten Schilderung STOHMANN's (1) zugrunde liegen, sowie endlich von RICHTER (1). Näher auf die technischen Einzelheiten einzugehen, ist hier nicht der Ort. Von den verschiedenen Punkten interessiert uns nur die Frage nach den Gärungsorganismen, als deren Träger in Westindien von einigen der alte **Dunder,** also die bei der Destillation zurückbleibende Schlempe, angesehen wird. Nach MOREWOOD's Bericht wird der Dunder sorgfältig gesammelt und auch für die folgende Campagne aufbewahrt, er stellt eine gelbliche, etwas bitter schmeckende Flüssigkeit dar, die in gutem, möglichst altem (gesäuertem) Zustande wesentliches Erfordernis zur Erlangung eines guten Rums sein soll. Demgegenüber erzählt RICHTER (1) freilich, daß er für manche Betriebe als wertlos betrachtet wird, auch gehen die Meinungen darüber auseinander, worin denn sein Wert liegt. Manche Brenner sollen ihn angeblich wegen seines Zuckergehaltes schätzen, nach ROBINSON (1) liefert er aber den Gärungserreger und trägt so zum schnelleren Verlauf der Gärung bei. Nach STOHMANN's Annahme verbessert er Ausbeute und Aroma. HERZFELD (1) läßt ihn dagegen eine übrigens plausible dreifache Rolle spielen, indem sein Buttersäuregehalt für die Esterbildung, der Gehalt an Hefen-Bestandteilen für die Ernährung der neuen Hefe und die Säure endlich für Herstellung der erwünschten Acidität (Schutz gegen die Essiggärung) in Frage kommt; tatsächlich ist die Essiggärung von dem Rumbrenner besonders gefürchtet, die tropische Temperatur leistet ihr jederzeit Vorschub. Auf Cuba wird der Pflege des Dunders — wenn er überhaupt verwendet wird — jedoch wenig Sorgfalt zugewendet, indes man auf Jamaica in der richtigen Behandlung desselben geradezu die Bedingung zur Erzielung eines guten Rums sieht, und diesem Umstande wird die Superiorität des Jamaica Rums nicht zum wenigsten beigemessen. Ueber die Organismen des sich bei der Aufbewahrung mit einer dicken Haut bedeckenden und auch eine Essiggärung durchmachenden Dunders ist kaum etwas bekannt; er soll Essig- und Buttersäurebakterien enthalten.

während über eine doch naheliegende Milchsäuregärung nichts angegeben wird. Als hefenhaltige milchsaure Schlempe (Hefenmaische) wäre seine günstige Wirkung übrigens wohl verständlich.

Ueber die **Organismen der Rumgärung** sind zuerst von MARCANO (2) einige Versuche angestellt worden. Derselbe beschreibt eine von der Bierhefe verschiedene Hefe, anscheinend Sproßzustand eines Mycelpilzes, welche Rohrzucker invertierte und neben Aethyl- auch Methylalkohol sowie eine eigentümlich riechende Fettsäure bilden soll. Die Annahme, daß bei der Rumgärung besondere Hefen beteiligt sind, ist dann auch weiterhin mehrfach vertreten worden, demgegenüber wurde freilich von HERZFELD (1) geltend gemacht, daß etwaige Verschiedenheiten des Gärungserregers hier keine so wesentliche Rolle spielen wie anderweitige in der Art des Gärmaterials und der Dunder-Beschaffenheit liegende Momente. Es ist nun zwar anzunehmen, daß die in Frage kommenden Alkoholhefen sich mit unseren technischen Arten der Brennerei nicht decken, die Flora der Rumgärung vielmehr, ähnlich jener der Arrakgärung (s. § 81), Besonderes bietet; inwieweit ihr aber ein mitbestimmender Einfluß auf den Charakter des Getränkes zukommt, ist eine andere Frage, die anscheinend auch heute noch nicht völlig erledigt ist. Mit ihr und den verschiedenen Hefenformen befassen sich spätere Mitteilungen von HART und GREG (1). Ersterer isolierte wie schon MARCANO ellipsoidische Sproßhefen, letzterer dagegen eine Spalthefe in acht verschiedenen Rassen, mit denen von ihm eine Reihe von Versuchen durchgeführt wurde. Die Erscheinung, daß hier gerade wie bei der Arrakgärung auf Java eine Spalthefe mitwirkt, ist jedenfalls nicht ohne Interesse.

Unter den von GREG (1) isolierten acht Spalthefenformen erachtet derselbe eine als *Schizosaccharomyces mellacei* JÖRG. benannte Oberhefe (s. *Fig. 26* und Bd. IV, S. 190) mit langsamer 10—14 Tage dauernder Gärung — die anderen sieben Formen sind Unterhefen — als besonders wichtig, sie allein soll Bildnerin des Rum-Aromas sein, vorausgesetzt, daß der Melasse Dunder zugesetzt wird; das Aroma tritt also nicht in Melasse oder Rohrzuckersaft ohne Dunder auf. Trotzdem soll der Dunder an sich nichts mit der Aromabildung zu tun haben, sondern diese nur Folge der vorhergehenden Behandlung des Saftes mit Kalk in den Zuckerfabriken sein, da derartig behandelter Zuckerrohrsaft, sterilisiert und neutralisiert bezw. schwach angesäuert, auch ohne besonderen Dunder-Zusatz mit dem *Schizosacch. mellacei* das charakteristische Aroma gab. Andere Jamaica-Hefen erzeugten es aber auch unter solchen Umständen nicht. Die das Aroma liefernde fruchtartig riechende Substanz ist von GREG nicht isoliert oder chemisch definiert worden, er nennt sie einfach „Fruchtsäure" und fand sie auch reichlich im alten Dunder, läßt sie aber nicht durch Bakteriengärung entstehen, sondern in irgend welcher Form bereits im Saft präexistieren; durch die Behandlung mit

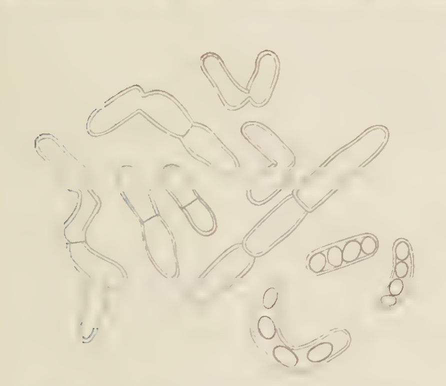


Fig. 26. Schizosaccharomyces mellacei. Vegetative und sporenbildende Zellen. Nach JÖRGENSEN.

Kalk geht sie angeblich in ein Kalksalz über, aus dem sie wieder durch die im Saft oder Dunder eintretende Essiggärung freigemacht werden soll. Ohne näher auf eine kritische Prüfung der Ausführungen GREG's einzugehen, genügt es, zu konstatieren, daß also doch auch hier der alte 5 Dunder eine Rolle für die Aromabildung spielt und daß da schließlich nicht die Hefe allein das Ausschlaggebende ist, so mitbestimmend im übrigen auch ihre besonderen Eigentümlichkeiten sein mögen. Es liegt aber kein Grund vor, dieselben einseitig zu überschätzen, zumal wir wissen, daß mancherlei Stoffe Anteil an dem Rumbouquet haben und 10 unter ihnen wenigstens Essig- und Buttersäureester auch eine Bakterien-Mitwirkung erweisen.

Uebrigens vergor der *Schizosaccharomyces mellacei* Würze nur auf 2,5 Proz. Alkohol, als Hauptgärerreger kommt er also wohl kaum in Frage, auch die anderen sieben Formen erzeugten nur 6,6—7,6 Vol.-Proz. Al- 15 kohol, so daß ohne kräftiger wirkende Hefen eine befriedigende Vergärung der Rummaischen zweifelhaft bleibt. Es wäre eine Aufgabe weiterer Untersuchungen, diese Spalthefe genauer mit dem *Schizosaccharomyces Vordermani* (s. S. 327) zu vergleichen. Im Gegensatz zu diesem bildet sie allerdings Sporen, doch ist noch gar nicht ausgeschlossen, daß 20 auch die Arrakspalthefe, sobald sie näher daraufhin verfolgt würde, unter geeigneten Bedingungen solche erzeugt und somit tatsächlich eine Identität der Formen existiert. Trotz der ganz verschiedenen Oertlichkeit spräche vielleicht dafür das Vorkommen in demselben Substrat; denn offenbar entstammt auch die Rumspalthefe — deren nur kurzer 25 Beschreibung und Abbildung bei JÖRGENSEN (1) keine Maße oder Vergrößerungszahlen beigegeben sind — der mit Fluß- oder Zisternenwasser verdünnten Rohrzucker-Melasse. Die Beschaffung von Wasser in Westindien ist, beiläufig bemerkt, nicht immer ohne Schwierigkeit; oft muß man es als Regenwasser in Zisternen auffangen.

30 Daß die von allerlei Zufälligkeiten abhängige wilde Rumgärung einer von modernen Grundsätzen geleiteten Verbesserung bedarf, ist sicher, darauf hat auch GREG bereits hingewiesen. Ob diese Vorschläge in der Praxis Beachtung gefunden haben, steht dahin, es liegen neuere Mitteilungen darüber nicht vor. Man darf nicht vergessen, daß ein 35 konservatives Verhalten der Praxis in solchen Fällen immerhin verständlich ist: der Rumfabrikant wird auf das Risiko hinweisen, dem er durch Aenderung seines alten Verfahrens ausgesetzt ist; denn schließlich hat ja gerade das nach diesem Verfahren hergestellte Fabrikat sich Weltruf erworben. Es muß also die Aufgabe besonderer staatlicher oder 40 genossenschaftlicher Versuchsstationen oder Laboratorien sein, dem Fabrikanten den richtigen Weg zu zeigen.

Nicht unerwähnt soll hier bleiben, daß man sich in Deutschland versuchsweise ernstlich mit Darstellung rumartiger Flüssigkeiten aus Saft und Melasse von Zuckerrüben, also wohlfeilen einheimischen 45 Produkten, beschäftigt hat; über diese allerdings nicht zum erfolgreichen Abschluß gebrachten Experimente ist von HERZFELD (1) ausführlicher berichtet worden.

Die jährliche Rumproduktion ist nicht unerheblich, aber schwer in Zahlen festzulegen; vor ca. 15 Jahren wurde sie von SCALA (1) auf 50 ca. 60 000 hl angegeben. Frisch destillierter Rum ist farblos, gelblich färbt er sich bereits in den Fässern, die stärkeren Farbentöne der Handelsware sind Folge eines Zusatzes von gebranntem Zucker. In ausgedehntem Maße findet Verschnitt mit Alkohol statt (Verschnitt-Rum).

Der sogen. Façon-Rum ist überhaupt kein Gärprodukt, sondern eine künstlich durch Mischung der verschiedenen Bestandteile erhaltene Nachahmung, die vielfach den billigeren Handelsrum bildet.

Als Krankheit des Rums (faulty rum) endlich hat man eine Erscheinung bezeichnet, die gelegentlich in Westindien und Britisch Guyana beobachtet wurde und im wesentlichen eine Organismen-Trübung darstellt, die zumal bei Verdünnung mit dem gleichen Volumen Wasser sich entwickelt. Derartige fehlerhafte Rumfabrikate enthielten nach Untersuchungen von V. und L. VELEY (1) anscheinend verschiedene Organismen (kuglige und stäbchenförmige Bakterien, Schimmelpilze u. a.), die nicht näher identifiziert sind. Es liegt wenigstens kein rechter Grund vor, dies Gemenge mit VELEY als einen pleomorphen Organismus (*Coleothrix methystes*) aus der Gruppe der Fadenbakterien (!) anzusprechen. In dem Rum selbst (mit 75 Proz. Alkohol) findet Weiterentwicklung dieser Organismen nicht statt, sie tritt lediglich, wie schon bemerkt, erst beim Verdünnen mit Wasser ein; es kann also die Krankheit durch Einimpfen geringer Mengen der Bakterien nicht auf gesunden Rum übertragen werden, wohl aber erhält dieser die Eigenschaften des fehlerhaften Rum bei Zusatz größerer Mengen. Infektionsquelle scheint gutenteils der zum Färben des Getränkes benutzte Caramel zu sein, vielleicht auch inficierte Fässer, in denen der Rum aufbewahrt wird.

Literatur

zum Kapitel Durch Pilzenzyme bewirkte Stärkeverzuckerung im Brennereigewerbe. Mykologie der Rumbrennerei und der Arrakbereitung.

*Atkinson, (1) Memoirs of Science Department, Tokio Daigaku, 1881, Nr. 6, S. 5; Transactions Chem. Soc. London, 1881; Chem. News, 1881. *Barbet, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1900, S. 127; 1901, S. 263; Franz. Patent 290 995. *Barth, (1) Z. f. angew. Chemie, 1901, Bd. 14, S. 368. *Brevans, J. de, (1) La fabrication des liqueurs et conserves. Paris 1890, S. 78. *Brunner, (1) Schweiz. Wochenschrift f. Pharmacie, 1889, S. 64. *Büsgen, (1) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1885, Generalvers.-Heft, S. 66. *Calmette, (1) Ann. Pasteur, 1892, Bd. 6, S. 604. — (2) Z. f. Spiritusindustrie, 1901, S. 223. — (3) La fabrication des alcools de Riz en Extrême Orient. Saigon 1892. *Calmette und Boidin, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1899, Ergänzungsheft I, S. 62. *Collette und Boidin, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1897, S. 368; 1899, Ergänzungsheft I, S. 63; D.R.P. Nr. 99 253 u. Zusatz-P. — (2) Engl. Patent 1155 v. 1898; Koch's Jahresb., 1898, S. 281. *Delbrück, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1899, Ergänzungsheft I, S. 52. — (2) Ebenda, 1894, Ergänzungsheft, S. 24. *des Tournelles, Lézé und Peret, (1) Procédés de préparation de l'alcool de Riz en Cochinchine. Paris 1888. *Effront, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1892, Bd. 115, S. 1324. *Eijkman, (1) Centralbl. f. Bakt., 1894, Bd. 16, S. 97. *Fernbach, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1899, Ergänzungsheft I, S. 57; Ann. de la Brasserie et de la Distill., 1898. *Foth, (1) Brennerei-Ztg., 1900, S. 2250. *Fresenius, W., (1) Z. f. analyt. Chemie, 1890, S. 283. *Green, (1) Die Enzyme; übersetzt v. Windisch. Berlin 1901, S. 25 u. 116. *Greg, (1) Departm. Jamaica, 1895, Aug., S. 192; Sept., S. 157; Nov., S. 153; auch The Sugar Cane, 1893, November. *Henneberg, (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1902, Bd. 25, S. 205. *Herzfeld, (1) Zeitschrift f. Zuckerindustrie, 1890, Bd. 40, S. 645. *Hill, (1) Proc. Chemical Soc., London, 1901, Bd. 17, S. 184. *Hoffmann, (1) Mitt. z. Länder- und Völkerkunde Ostasiens, 1874, Heft 6. *Inui, (1) Journal College of Science Imp. University Tokyo, 1901, Bd. 15, Art. 3. *Jörgensen, (1) Gärungsorganismen. 8 Aufl., Berlin 1898, S. 233. *Julien und Champion, (1) Industries anciennes et modernes de l'Empire chinois. Paris 1869. *Kellner, Mori und Nagaoka, (1) Z. f. physiolog. Chem., 1889, Bd. 14, S. 297. *Korschelt, (1) Mitteil. d. D. Gesellsch. f. Natur- und Völkerkunde Ostasiens, 1876, Heft 16, S. 240. *Lindet, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1888, Bd. 106, S. 280. *List, (1) Repertorium d. analyt. Chemie, 1883, Bd. 3, S. 33. *Marcano, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1888, Bd. 107, S. 743. — (2) Ebenda, 1889, Bd. 108, S. 955. *Morewood, (1) Cit. n. Stohmann (1). *Nasse, (1) Arch. f. d. ges. Physiol., 1875, Bd. 11, S. 156. *Nechitch, (1) Institut de Botan. Univ. de Genève, 1904, 6. sér., 5. fasc., Genève 1904. *Neuville,

(1) Bull. Soc. Nation. d'Acclimatation. 1902. — (2) Les ferments industriels de l'Etrême-Orient. Paris 1902 (?), ohne Jahreszahl. ***Prinsen Geerligs,** H. C., (1) Mededeelingen van het Proefstation West-Java, 1892. — (2) Chem.-Ztg., 1895, S. 75. ***Rathgen,** (1) Japans Volkswirtschaft und Staatshaushalt. Leipzig 1891. ***Rein,** (1) Japan, nach Reisen u. Studien. Leipzig 1886, Bd. 2, S. 111. ***Richter,** (1) Deutsche Chemiker-Ztg., 1888. S. 385. ***Robinson,** (1) The Bengal Sugar Planter. Calcutta, 1849, S. 203. ***Saare,** (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1900, S. 419. — (2) Ebenda, 1895, Nr. 14. ***Saito,** (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1904, Bd. 13, S. 153. — (2) Ebenda 1905, Bd. 14, S. 623. — (3) Ebenda, 1907, Bd. 18, S. 30. ***Scala,** (1) Annali dell'Istituto d'Igiene sperim. Roma, Bd. 2, Ser. 1, S. 160. ***Schuhmacher-Kopp,** (1) Chem.-Ztg., 1889, S. 466. ***Sell,** (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1891, Bd. 7, S. 251. — (2) Ebenda, S. 210. — (3) Ebenda, S. 233. ***Stohmann,** (1) In: Muspratt. Die Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe, bearbeitet von Kerl und Stohmann, 3. Aufl., 1874, Bd. 1, S. 468 u. 472. ***Stone** und **Wright,** (1) Journ. Americ. Chem. Soc., 1899, Bd. 20, S. 637. ***Strauss** und **Stargardt,** (1) Therapeut. Monatshefte, 1898, Bd. 12, S. 65. ***Takamine,** (1) Patentblatt, 1895, Bd. 16, S. 254; Country Brewer's Gaz., 1894, 20. Dec.; Patentschr. Nr. 90464 u. 90465; Z. f. Spiritusindustrie, 1897, S. 25 u. 46. — (2) Journ. Soc. Chemical Industry, 1898, Bd. 17, S. 437; Journ. of Pharm., 1898, Bd. 70, S. 137. — (3) Z. f. Spiritusindustrie, 1896, S. 18; D.R.P. 84588. ***Turner,** (1) Engl. Patent 10809 v. 1898. ***Uyeda,** (1) Bot. Magazine, Tokyo, 1902, Bd. 15, S. 160. ***Veley,** V. und L., (1) The micro-organisms of faulty rum. London 1898. ***Vuillemin,** (1) Centralbl. f. Bakter., 2. Abt., 1902, Bd. 8, S. 409; Revue mycologique, 1902, S. 49. ***Vorderman,** (1) Geneeskundig Tijdschrift voor Nederl. Indië, 1893, Deel 32, S. 359. ***Wehmer,** (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1900, Bd. 6, S. 610. — (2) Ebenda, 1905, Bd. 15, S. 8. ***Went und Prinsen Geerligs,** (1) Verhandel. Koninkl. Akademie v. Wetenschappen te Amsterdam, 1895, 2. Sect., Deel IV, Nr. 2; Archief voor Java Suikerindustrie, 1894, Bd. 2. ***Wingrave,** (1) The Lancet, 1898, Bd. I, S. 1251. ***Wróblewski,** (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1898, Bd. 31, S. 1127.

Fünfter Abschnitt.

Mykologie der Weinbereitung, einschließlich Beerenwein und Met.

(*Manuskript-Einlauf:*
8. Juli 1910.)

14. Kapitel.

Die Pilzflora auf Trauben und Obstfrüchten.

Von Prof. Dr. JOH. BEHRENS.

§ 86. Die auf den Rohmaterialien der Weinbereitung vorkommenden Keime.

Bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit hat man bei der Bereitung alkoholischer Getränke aus süßen Früchten sich einfach damit begnügt, die Früchte zu zerkleinern und den Fruchtbrei oder den durch Aus- 5 pressen des Breis gewonnenen Saft der spontanen Gärung zu überlassen. Man hatte eben die Erfahrung gemacht, daß bei einem derartigen Verfahren unter entsprechenden Temperaturverhältnissen, überhaupt unter den Verhältnissen der Praxis, alkoholische Gärung des Zuckers fast ausnahmslos eintritt. Das unmittelbare Produkt dieser Gärung wird 10 entweder selbst als Wein genossen (besonders Trauben-, Aepfel-, Birnwein) oder aber durch Destillation zu einem alkoholreichen Branntwein verarbeitet, der auch das Aroma des Materials und des Gärungsproduktes enthält (besonders Kirschen und anderes Steinobst).

Früher unbewußt, später, besonders seit PASTEUR's Untersuchungen, 15 allmählich mehr und mehr bewußt, rechnete man also bei der Bereitung der Trauben- und Obstweine sowie der Fruchtbranntweine mit der Tatsache, daß die süßen Früchte im Naturzustande regelmäßig Keime von Erregern der alkoholischen Gärung, Hefen, enthalten und in den Saft hineinbringen. Die ersten Untersuchungen über die Organismenkeime, 20 welche auf süßen Früchten vorkommen, verdanken wir wohl HOFFMANN (1), der die verschiedensten Keime in dem Staub fand, den er mit stumpfem Skalpell von der Oberfläche einer Stachelbeere abgekratzt

hatte, darunter neben braunen Pilzsporen (*Stemphylium, Cladosporium*) auch mehr hefenähnliche Keime, die er als Glieder von *Oidium, Monilia, Torula* bezeichnet. Ueber seine Ansicht vom Zusammenhange der Hefe mit Fadenpilzen vergl. man S. 143 des Vierten Bandes. Pasteur (1) führte später den Nachweis, daß das Innere der gesunden saftigen Früchte frei ist von Gärungserregern, daß diese vielmehr auf die Oberfläche der Früchte beschränkt sind. Im Staub, den er von Weintrauben (Beeren und Stielen) abwusch, fand er Schimmelsporen, Hefen, *Mycoderma vini* usw.

Die Tatsache, daß die süßen Früchte an ihrer Oberfläche mehr oder weniger zahlreiche Organismenkeime tragen, erscheint heute als ganz selbstverständlich, seitdem wir das allgemeine Vorkommen und die leichte Verbreitung der Mikroorganismen kennen. Unter den Bestandteilen der Früchte-Flora können wir, wie ganz allgemein unter den Bewohnern von Pflanzen und Tieren, zwei verschiedene Kategorien unterscheiden, einmal solche, welche als reine Epiphyten auf die freie Oberfläche der Früchte beschränkt sind und nur dort, wo die natürliche Oberfläche durch Verletzungen unterbrochen ist, mit dem Fruchtinnern in Berührung kommen, und zweitens solche, welche das Innere der Früchte, das Fruchtfleisch, durchwuchern und an der Oberfläche nur ihre Fruchtorgane bilden. Diese Endophyten der süßen Früchte, zu denen die Parasiten und die Fäulniserreger gehören, werden wir im folgenden Kapitel noch näher zu betrachten haben. Hier handelt es sich wesentlich nur um die Epiphyten, zu denen insbesondere die der alkoholischen Gärung fähigen Arten der Saccharomycetaceen gehören.

Der Kreislauf, in welchem die Hefen auf die süßen Früchte gelangen, ist bereits auf S. 148 u. f. des Vierten Bandes eingehend besprochen worden. Neue Untersuchungen, welche wesentlich die früheren bestätigen, stellte Descoffre (1) an, auf dessen Ergebnisse wir später kurz zurückkommen. Die Angaben von Viala und Pacottet (1), nach welchen echte, wenigstens z. T. dem Typus der Weinhefe (*Saccharomyces ellipsoideus*) angehörige Hefen aus dem Schwarzbrennerpilz (*Sphaceloma ampelinum*), einem Parasiten der verschiedensten grünen Rebteile, auch der Beeren, entstehen können, ist nicht nur an sich unwahrscheinlich, sondern auch dadurch bereits direkt widerlegt, daß Guillermond (1) die ebenfalls von Viala und Pacottet (1) behauptete Umwandlung des verwandten Platanenpilzes *Gloeosporium nervisequium* in eine echte Hefe nicht zu bestätigen vermochte.

Die meisten Weinhefen sind wohl erst aus dem Bodensatz der vergorenen Fruchtsäfte isoliert worden. Unmittelbar von der Oberfläche reifer Früchte stammen unter den genauer bekannten Saccharomycetaceen *Saccharomyces ellipsoideus* E. Chr. Hansen (s. Bd. IV, S. 176), *Sacch. marxianus* E. Chr. Hansen (s. Bd. IV, S. 178), beide auf Traubenbeeren gefunden, *Willia anomala* E. Chr. Hansen (s. Bd. IV, S. 186) auf Pflaumen, *Sacch. Ilicis* Grönlund und *Sacch. Aquifolii* Grönlund auf Ilexfrüchten gefunden (s. Bd. IV, S. 177). Von den Trauben der Charentes isolierte Descoffre (1) zwei Rassen des *Sacch. ellipsoideus*. Einer Hefe vom Typus des *Sacch. pastorianus* sollen nach Odier (1) die Hollunderbeeren ihre Wirksamkeit gegen Krebs verdanken. Verschiedene Hefen von Rosinen und Korinthen (s. Bd. IV, S. 190) züchtete Beyerinck (1), eine „Mycolevure" von Opuntiafrüchten Rolants (1), einen *Sacch. Opuntiae* vom selben Substrat Ulpiani und Sarcoli (1). Das Vorkommen von Hefen auf Ananasfrüchten (s. Bd. IV, S. 422) machen Kayser's Be-

obachtungen (1) wahrscheinlich. Auch die Hefen englischer Apfel- und Birnenweine, die PEARCE und BARKER (1) sowie BARKER (1) studierten, stammen sicherlich von der Oberfläche der zu ihrer Bereitung verwendeten Früchte. Eine sehr gärschwache Hefe von der Oberfläche getrockneter schwedischer Heidelbeeren beschreibt MEISSNER (2).

Ueber den Kreislauf des auf den süßen Früchten gemeinen *Sacch. apiculatus* vergl. man S. 315 des Vierten Bandes.

Auch das sogen. *Dematium pullulans* DE BARY, das auf S. 274 u. f. des Vierten Bandes näher behandelt ist, findet sich auf süßen Früchten nahezu regelmäßig. Zweifellos handelt es sich bei dem heutigen Gebrauch der Bezeichnung *Dematium pullulans* um einen Sammelbegriff. So werden vielfach gewisse sprossende Entwickelungszustände der im Honigtau auf der Oberfläche verlauster Pflanzenteile überaus häufigen Rußtaupilze (s. Bd. IV, S. 273), speziell des sogen. *Capnodium* (*Fumago*) *salicinum* MONT., als *Dematium* bezeichnet, so z. B. von LÜSTNER (1). Vielleicht findet neben dem Rußtau auch das echte *Dematium* in dem süßen, vielfach auch auf Früchten (Birnen, Trauben, Johannisbeeren usw.) zu findenden Sekret der Aphiden, Cocciden oder Psylliden (vergl. BÜSGEN [1]), dem Honigtau, ein zusagendes Nährmedium. Auch ein Eindringen von *Dematium* in die Traubenbeeren, ähnlich dem von ADERHOLD (3) besonders genau studierten Fusicladiumbefall des Kernobstes, kommt nach WORTMANN (4), der auch die allgemeine Verbreitung des *Dematium* auf den Traubenbeeren bestätigte (1), gelegentlich, aber selten, vor. Dematiumartige Pilze fanden auf der Oberfläche der Trauben ferner JÖRGENSEN (1) sowie ECKENROTH und HEIMANN (1), deren Spekulationen über den Zusammenhang zwischen diesen Pilzen und Hefen allerdings noch einer überwundenen Periode angehören; vergl. Bd. IV, S. 144 u. 146. Nach CORDIER (1) findet sich *Dematium pullulans* kurz vor der Reife ganz allgemein auf den Traubenbeeren ein; sein Kreislauf ist ähnlich wie bei den echten Hefen; es soll allerdings bereits in den Blüten der Rebe vorhanden, sogar an deren Vanillegeruch schuld sein. Auf süßen Früchten wurde ferner die *Monilia candida* (BON.) HANSEN gefunden, über welche man S. 335 des Vierten Bandes vergleiche.

Weiter gehören sicherlich hefenähnliche, aber nicht sporenbildende Sproßpilze mannigfacher Art zur Epiphytenflora der Früchte: Torulaceen, Mycodermen und andere. Jedenfalls ist es sicher, daß die in gärenden und vergorenen Fruchtsäften gefundenen Torulaceen, z. B. die Schleimhefen MEISSNER's, die von KRAMER, PEGLION und KAYSER in Most gefundenen gärfähigen Rosahefen, ferner die Kahmhefen, die in allen vergorenen Fruchtsäften regelmäßig zu finden sind, von der Oberfläche der Rohmaterialien her in den Wein gelangen. Einzelne Torula-Formen und Kahmhefen sind unmittelbar von der Oberfläche süßer Früchte gezüchtet worden; man vergleiche darüber und über den Kreislauf der Torulaceen Bd. IV, S. 285. Nach MARTINAND (4) soll an den Trauben eine gärkräftige Torula sehr verbreitet sein, welche sehr resistent gegen schweflige Säure sei und viel Acetaldehyd bilde, der die schweflige Säure bindet.

Zweifellos fehlen endlich auf den Rohmaterialien der Weinbereitung auch Bakterien nicht, wenn auch relativ wenig darüber bekannt ist, schon weil die Medien, welche bei den systematischen Untersuchungen über die Flora der süßen Früchte zur Kultur benutzt wurden (Mostgelatine u. dgl.), für das Gedeihen der Bakterien recht ungünstig sind. Aber vor allem die Formen, welche Störungen der Gärung oder Ver-

änderungen der vergorenen Fruchtsäfte hervorzurufen vermögen, dürften wesentlich schon dem Rohmaterial anhaften. Ist das für die Milchsäurebakterien, die nach Kayser und Dienert (1) bei der Bereitung des Kirschbranntweins eine wesentliche Rolle spielen, mindestens wahrscheinlich, so ist es nahezu sicher für die Bakterien der Milch- und Buttersäuregärung, welche in einem von Mach und Portele (1) beobachteten Falle den Most von Trauben, die infolge einer Ueberschwemmung kurz vor der Weinlese stark mit dem kalkhaltigen Boden verschmutzt waren, gänzlich verdarben. Eine etwas sonderbare Bakterienform, welche aus Dextrose und Mannit Linksmilchsäure bilden soll, beschrieb Tate (1) als Bewohner reifer Birnen. Portele (1) fand an und in vom Sauerwurm angestochenen Beeren (sogen. Gossenbeeren) Essigbakterien üppig vegetierend. Aehnliches bestätigt Osterwalder (1) für die in der Schweiz zur Mostbereitung viel verbreitete Teilersbirne, indem er an überreifen verletzten Birnen vielfach Essigbakterien in üppigster Vegetation traf. In beiden Fällen war schon der Fruchtsaft selbst essigstichig. Es wird im folgenden Kapitel noch einmal darauf zurückzukommen sein.

Die ersten genauen quantitativen Untersuchungen über die Epiphyten der Früchte, in diesem Falle der Traubenbeeren, machten Martinand und Rietsch (1), die auf einer Algiertraube pro Gramm Traubengewicht 4320000 lebende Keime fanden, soweit untersucht ausschließlich *Sacch. apiculatus*, der überhaupt nach ihren Untersuchungen bei weitem vorwaltet, wenn nicht gar, wie besonders bei Markttrauben beobachtet wurde, fast ausschließlich oder doch vorherrschend Schimmelpilze auf den Platten wuchsen. Die Weinhefen vom Typus *Sacch. ellipsoideus* traten hinter diesen Organismen weit zurück. Dasselbe bestätigte Müller-Thurgau (8). Auch Martinand (3) kommt neuerdings noch einmal auf seine älteren Untersuchungen zurück. Näheres darüber findet man auf S. 329 des Vierten Bandes. Im folgenden Paragraphen wird davon noch einmal zu sprechen sein.

Nur qualitativer Natur sind die Untersuchungen Rommel's (1) über die Epiphyten des in Werder a. d. Havel bei Berlin gewachsenen Obstes. Himbeeren trugen Bakterien, darunter nach dem Befund im vergorenen Saft augenscheinlich Milchsäure- und Essigbakterien, apiculatus- und ellipsoideusähnliche Hefen sowie Torulen, Stachelbeeren Essigbakterien, Apiculatus- und pastoriane Hefen, Johannisbeeren Torula und eine Ellipsoideus-Hefe (Johannisbeerstiele *Oidium*). Außerdem führten alle Früchte reichlich Pilzkeime, besonders Mucorarten. Daß in der Flora des Kern-, Stein- und Beerenobstes die Apiculatus-Hefen gegenüber den echten Hefen, besonders den Weinhefen, noch mehr vorwalten als in der Flora der Traubenbeeren, ist schon seit den Untersuchungen Hansen's, Müller-Thurgau's und anderer bekannt. Auf die Untersuchungen von Kühl (1) und Kroemer (1) über die Flora des Dörrobstes (s. S. 70) sei bei dieser Gelegenheit nur hingewiesen.

Darüber, wie die reinen Epiphyten auf der unverletzten Oberhaut der Früchte leben, besteht Einheitlichkeit der Ansichten noch nicht. Im allgemeinen nimmt man wohl an, daß die zufällig auf die Oberfläche der Früchte gelangten Keime sich aus Nahrungsmangel in ruhendem Zustande befinden, und daß nur dort ein wirkliches Wachsen, eine Vermehrung der Epiphyten, eintreten kann, wo durch austretenden Saft (bei Verwundungen), in Exkreten von Insekten (Honigtau) oder in sonstwie zufällig auf die Früchte gelangten organischen Resten und Abfällen

Nährstoffe geboten sind. Anderer Ansicht geben indessen Burri (1) und sein Schüler Düggeli (1) Ausdruck: Nach ihren Untersuchungen (s. Bd. II. S. 16), die sich allerdings auf Samen und Keimpflanzen sowie auf den Nachweis von Bakterien beschränken, wäre die Mikroorganismen-Flora der Pflanzen und Pflanzenteile der Hauptsache nach das Ergebnis einer während des Wachstums der Pflanzen auf ihrer Oberfläche stattfindenden lebhaften Entwickelung. Auf die Frage, woher die Nährstoffe für eine solche kommen, gehen beide Forscher nicht ein. Büsgen (2) suchte allerdings die Anschauung zu stützen, daß aus dem Inneren lebender Pflanzen bei Benetzung mit Wasser durch die Oberhaut hindurch organische Stoffe, aus Traubenbeeren insbesondere Zucker, hinausdiffundieren, wobei die Schließzellenoberfläche und die Grenzen der Epidermiszellen eine bevorzugte Rolle spielen. Diese Anschauungen haben indessen keine allgemeine Zustimmung gefunden. Insbesondere schienen Aderhold's (4) Versuche das Bestehen eines solchen Diffusionsstromes durch die intakte Oberhaut hindurch gänzlich zu verneinen, während allerdings Ruhland (1) nachwies, daß aus sicher unversehrten Aepfeln sehr geringe Mengen organischer Substanz (organischsaurer Salze) herausdiffundieren können.

Daß die Mikroorganismen, welche bei den technischen Gärungen der Früchte und Fruchtsäfte eine Rolle spielen, ihr Vorkommen auf den Früchten jedenfalls dem Zufall verdanken, geht aus den oben (S. 344) bereits kurz berührten Untersuchungen von Hansen, Boutroux, Müller-Thurgau, Wortmann u. A. zur Genüge hervor. Die Keime werden unmittelbar vom Boden her oder von sekundären Brutstätten (von Wundstellen, von toten Pflanzenteilen u. dgl.) durch Atmosphärilien (Wind, Schlagregen u. dgl. oder durch Insekten, wie der Zufall es will, auf die Früchte gebracht. Während insbesondere Berlese den fliegenden Insekten dabei eine Hauptrolle zuschreibt, sofern deren Darm eine hauptsächliche sekundäre Brutstätte der Hefen und anderer Organismen sein soll, unterschätzt auf der anderen Seite Hansen die Rolle der Insekten wohl etwas gar zu sehr; man vergl. darüber auch Bd. IV, S. 328 u. ff. Mit Rücksicht darauf, daß auch die nicht alkoholischen technischen Fruchtgärungen, wie die Milchsäuregärungen der Gurken, Bohnen, Aepfel usw. (vergl. Bd. II, S. 323 u. ff.), von Epiphyten der Fruchthaut hervorgerufen werden, sei hier nur kurz auf die dort nicht behandelte Gärung der eingemachten Oliven hingewiesen. In Salzwasser eingelegt, machen sie eine Milchsäuregärung durch, die leider bisher wissenschaftlich noch nicht studiert ist. Eine Störung der normalen Gärung, eine faulige Gärung durch *Bacterium coli*, hat dagegen neuerdings Kossowicz (1) näher untersucht. Sie scheint aufzutreten, wenn die Oliven in allzu verdünnte Salzlösung gelegt werden, oder wenn auf die Reinigung der Gärgefäße nicht genügend geachtet wird. Das *Bacterium coli* dürfte, ebenso wie die normalen Erreger der Olivengärung, schon mit den Früchten in die Brühe gelangen. Petri (1) fand im Darm der Olivenfliegenmade (*Dacus oleae*) zahlreiche Bakterien, darunter auch solche, welche mit *Bact. coli* wohl identisch sein könnten. Daß verletzte, von *Dacus* bewohnte Früchte zu Konservierungszwecken untauglich sind, wohl nicht allein aus Gründen des schönen Aussehens, sondern auch wegen der Gefahr des Eintritts von Störungen der Gärung, beweist die Praxis der Olivenkultur. Darüber vergleiche man insbesondere Chapelle und Ruby's (1) Schilderung der Kultur von Tafel-Oliven. An dem Weichwerden der Gurken fand Kossowicz (2) übrigens im Gegensatz

zu ADERHOLD's Beobachtungen (s. Bd. II, S. 328) das *Bact. coli* unschuldig, während Kartoffelbazillen (*Bacillus mesentericus vulgatus* u. a.) es bewirkten.

§ 87. Abhängigkeit der Zusammensetzung der Pilzflora von äußeren Einflüssen.

Schon aus den Untersuchungen u. a. von E. CHR. HANSEN, MÜLLER-THURGAU und WORTMANN ist bekannt, daß mit der Reife der süßen Früchte die Zahl der ihrer Oberhaut ansitzenden Keime von Hefen zunimmt. Freilich beschränken sich die Untersuchungen darüber auf den *Saccharomyces apiculatus*, von dem KLÖCKER (1) neuerdings Endosporen bildende Formen aufgefunden hat, und auf die Weinhefen (Typus des *S. ellipsoideus*). Ueber das Erscheinen des *S. apiculatus* auf den Früchten vergleiche man S. 328 u. ff. des Vierten Bandes. PASTEUR (1) glaubte auf Grund seiner Untersuchungen sich sogar zu dem Schluß berechtigt, daß sich die Erreger der Alkoholgärung, die echten Hefen, erst auf der reifen Weinbeere einfänden. MÜLLER-THURGAU (1) suchte die von ihm bestätigte Tatsache, die sich z. B. darin aussprach, daß gleichzeitig am 23. August in nebeneinander liegenden Anlagen die reifen Beeren des Frühburgunders reichlich Hefe trugen, die noch unreifen Beeren des Spätburgunders aber noch frei davon waren, durch die Annahme zu erklären, daß die Hefe von Tieren (Wespen, Ameisen u. dgl.) verschleppt werde, die nur reife Beeren besuchen, während die sich anders verhaltenden, auch auf unreifen Beeren bereits vorhandenen Bakterien und Pilzkeime durch den Wind verbreitet werden. Zwischen dieser Ansicht und der von HANSEN geäußerten, nach der die anspruchsvolleren Hefen im Gegensatz zu anderen Organismen erst auf der Haut reifer Früchte ihnen zusagende Existenzbedingungen finden, suchte WORTMANN (5) zu vermitteln, indem er beide verband: Die wesentlich durch Wespen usw. verschleppten empfindlichen Hefen gehen auf der Wachsschicht der unreifen Beeren unter der Einwirkung von Licht, Trockenheit und Nahrungsmangel bald zugrunde, während sie auf reifen Beeren, besonders an verletzten Stellen, die Möglichkeit reicher Ernährung und Vermehrung vorfinden. CORDIER (2) unterscheidet drei Perioden in der Besiedelung der Traubenbeere: Zunächst ist allein *Dematium* vorhanden, und zwar auf der Beere häufiger als auf anderen Organen des Rebstocks. Mit der Verfärbung der Rotweintrauben treten dazu andere Pilze, wie Rosahefe (Torula), wilde Hefen und kurz vor der Reife auch echte Weinhefe, die in der dritten Periode, von der Erntereife an, stetig an Zahl zunimmt, während *Dematium* zurückgeht. Auch nach DESCOFFRE (1) erfolgt die Besiedelung der Beeren mit Ellipsoideus-Hefen erst spät, im September, während sich im Juli zunächst Torula und anfänglich seltener, während des August an Zahl bedeutend zunehmend, Apiculatushefen einfinden. Eine qualitative Aenderung und Verbesserung der Fruchtflora mit dem Fortschreiten der Jahreszeit beobachtete MÜLLER-THURGAU (11) auch bei Kernobst.

Mit der Möglichkeit reichlicher Ernährung hängt es sicherlich zusammen, wenn, wie bereits im vorigen Paragraphen erwähnt ist, irgendwie verletzte Früchte besonders reich sind an Organismenkeimen. Einige Zählungen, welche MÜLLER-THURGAU (4) austellte, ergaben, auf je

100 Trauben-Beeren, die in nachstehender Tabelle verzeichneten, in Millionen ausgedrückten Mengen von Pilzkeimen:

	Hefe und hefenähnliche Pilze	Dematium pullulans	Roter Sproßpilz (Torula?)	Schimmel- und andere Fadenpilze
Gesunde Beeren	22,12	1,23	0,10	2,18
Aufgesprungene Beeren . . .	807,50	60,00	7,50	65,00
Kämme der gesunden Trauben pro 100 Beeren	34,98	2,36	0,36	2,04

Dabei vermehrten sich, wie aus verschiedenen Beobachtungen erschlossen wurde, an aufgesprungenen Beeren die hefenähnlichen Pilze, die an gesunden schon weit überwiegen, verhältnismäßig weit stärker 5 als die echten Hefen. Ueberhaupt nimmt die Zahl der schädlichen Keime, wie auch die Tabelle erkennen läßt, infolge der Verletzung der Beeren außerordentlich zu, viel stärker als die der Gärungserreger. Daß auch Bakterien, insbesondere Essigbakterien, an verletzten Früchten wuchern können, ist bereits im vorigen Paragraphen erwähnt. Für 10 die Anreicherung mit Keimen scheint es gleichgültig zu sein, ob die Wunde durch Aufspringen infolge nassen Wetters oder Oidium-Befalls der Trauben, durch *Fusicladium* bei Kernobst, durch mechanische Verletzungen (Hagel u. dgl.), durch Vogel- und Wespenfraß, Sauerwurm u. dgl. hervorgebracht worden ist. Morschwerden der Beerenhaut infolge 15 Pilzfäulnis wirkt ebenfalls anreichernd auf die Epiphytenflora. *Dematium*, Rußtau, *Torula*-Formen gedeihen üppig im Honigtau, der die Früchte der mit Aphiden, Psylliden, Schildläusen u. dgl. besiedelten Pflanzen überzieht; man vergl. darüber Lüstner (1).

Daß überreife, abgefallene und am Boden liegende Beeren aus allen 20 diesen Gründen und insbesondere noch infolge ihrer Verschmutzung mit Erde besonders reich an Keimen, auch an Schädlingskeimen, sein werden, bedarf keines Beweises, der übrigens durch die vergleichenden Untersuchungen Muth's (1) über die Flora von Mosten aus hängen gebliebenen Trauben und aus am Boden aufgelesenen Trauben derselben Lage ge- 25 liefert wird. Die minderwertige, aber üppige Epiphytenflora verletzter, fauler und vom Boden aufgelesener Früchte (Fallobst) macht sich vielfach dann auch im Geschmack der aus ihnen bereiteten Getränke geltend (Hagelgeschmack u. dgl.).

Schon Form und Oberflächenbeschaffenheit der Früchte sowie die 30 Art des Fruchtstandes sind sicherlich von Einfluß auf den quantitativen Gehalt an Keimen. Auf Früchten mit glatter und ebener Oberfläche werden die Keime viel weniger leicht und infolge davon auch in geringerer Zahl haften bleiben als auf Früchten mit behaarter Epidermis oder mit rauher oder unebener Oberfläche. Solche Flecke finden sich 35 infolge lokaler Korkbildungen, ferner infolge des Auftretens von Schmarotzerpilzen (*Fusicladium* an Kern- und Steinobst, Schwarzbrenner der Reben usw.) u. dgl. auch an sonst glatten Früchten und bieten Haftstellen für Staub und Verunreinigungen. Gelegentlich anderweitiger Untersuchungen hatte ich Gelegenheit, die Wirksamkeit der Konidien- 40 trägerrasen von Peronosporeen und von *Oidium Tuckeri* als Fangapparate für Staub und Pilzkeime kennen zu lernen. Der aus der vorstehenden Tabelle hervorgehende hohe Keimgehalt der Traubenkämme, der den

der zugehörigen Beeren weit übertrifft, ist wohl wesentlich auf die unebene Beschaffenheit der Oberfläche der Kämme gegenüber der glatten Oberfläche der Traubenbeeren zurückzuführen. Vermutlich werden dichtbeerige Trauben sich auch durch höheren Keimgehalt vor lockerbeerigen 5 auszeichnen, weil in ihnen der Staub besser haftet. MÜLLER-THURGAU (6) ist geneigt, anzunehmen, daß auf den Früchten selbst eine Auslese unter den Hefen stattfindet. Daraus, daß er im Johannisbeersaft von Gärungserregern oft fast ausschließlich *Sacch. apiculatus* findet, während zugesetzte Weinhefe darin gut gedeiht, schließt er, daß *S. api-* 10 *culatus* auf Johannisbeertrauben offenbar besonders günstige Verhältnisse findet. Beim Lagern und Teigwerden der Birnen verschlechtert sich nach neuen Untersuchungen MÜLLER-THURGAU's (13) ihre Pilzflora wesentlich, insofern zugespitzte Hefen und Bakterien außerordentlich viel stärker als die Weinhefen sich vermehren.

15 Daß in verschiedenen Jahren der Gehalt der Früchte an Organismen in gleichen Lagen wechselt, erscheint bei der Verschiedenheit der Witterungsverhältnisse selbstverständlich. Die Ursache der Verzögerung im Eintritt der Gärung bei Mosten des Jahrgangs 1895 sieht WORTMANN (2) in dem geringen Gehalt der Beerenhaut an Keimen von 20 Gärungserregern, den er auf das Ausbleiben des Wespenfluges und auf die Gesundheit der Beeren zur Reifezeit infolge der trockenen Witterung zurückführt. Auf den dicken Beerenhäuten konnte eine Vermehrung der spärlicher als sonst vorhandenen Hefenkeime nicht erfolgen; außerdem wirkte ein Regen kurz vor der Lese noch durch Abwaschen der Keime 25 vermindernd auf deren Zahl. Vielleicht spielt auch die keimtötende Wirkung des Lichtes in trockenen Jahren eine Rolle. (Vergl. weiter unten.) Auch OSTERWALDER (1) wies auf den Einfluß der Jahreswitterung hin, und ein Abwaschen der Hefenkeime durch den Regen machte sich im Jahre 1904 auch im französischen Weinbaugebiet nach LABORDE (2) 30 durch Verzögerung des Eintritts der Gärung bemerkbar. Nach CORDIER (3) soll die Zahl der auf den Trauben anzutreffenden Hefenarten in nördlichen Weinbaugebieten niedriger sein als in südlichen, was er mit der Schwierigkeit der Ueberwinterung im Norden erklärt.

Aus zwei Gründen, teils weil sie der Hauptquelle der Infektion, 35 dem Boden, näher sind, teils weil die dem Boden näher hängenden Trauben in der Reife den höher hängenden vorauszuschreiten pflegen, nimmt der Organismengehalt der reifen Traubenbeeren mit der Bodennähe zu. Nach Untersuchungen MÜLLER-THURGAU's (4) betrug die Zahl der Pilzzellen, in Millionen ausgedrückt, auf 100 Beeren der Sorte 40 Räuschling:

	Hefen und hefenähnliche Pilze	*Dematium pullulans*	Roter Sproßpilz (Torula?)	Schimmel- und andere Fadenpilze
Hochhängende Trauben	29,55	5,52	1,64	5,29
Tiefhängende Trauben	143,20	10,67	4,00	30,40

Auf die Begünstigung der Traubenfäule durch die Nähe des Bodens wird im folgenden Kapitel noch zurückzukommen sein.

MARTINAND (1) machte schon früher auf einen Faktor aufmerksam, der die Zahl der Keime an den höher stehenden Trauben bezw. Früchten 45 vermöge seiner keimtötenden Eigenschaften wirksam zu verringern ge-

eignet ist, auf das Licht, auf dessen Mangel er wohl etwas einseitig den relativen Organismenreichtum der bodenständigen Trauben zurückführte. Auch soll der größere Lichtgenuß der Trauben in südlichen Weinbaugebieten an der größeren Häufigkeit mangelhafter spontaner Gärungen des Mostes ursächlich beteiligt sein. Ceteris paribus muß teils infolge des Unterschiedes im Lichtgenuß, teils infolge der Unterschiede in der Möglichkeit des Zutritts von Luft und Wärme und des Abtrocknens von Tau und Regen auch ein Unterschied im Keimgehalt der Trauben zwischen schwachwüchsigen oder richtig behandelten (rechtzeitig aufgebundenen, gegipfelten und gegeizten) und üppig wachsenden oder in der Laubbehandlung vernachlässigten Weinstöcken sich geltend machen. Alles, was das vegetative Wachstum der Reben und anderer Obstgewächse und damit die Beschattung der Früchte fördert, wird auch den Keimgehalt der Früchte erhöhen. So werden von Kulturmaßregeln starke Düngung, insbesondere Stickstoffdüngung, und fleißige Lockerung des Bodens wirken, letztere auch weil sie die Staubentwickelung und damit den Transport von Keimen aus dem Boden auf die Früchte durch den Wind begünstigt; man vergl. darüber DESCOFFRE (1). Auch die Bekämpfung der von der *Plasmopara* (*Peronospora*) *viticola* hervorgerufenen Blattfallkrankheit mit Hilfe der bekannten Kupferbrühen (s. Bd. IV, S. 127) wird, weil sie für die dauernde Beschattung der Trauben durch ein für ihre Ernährung unentbehrliches gesundes Laubwerk sorgt, konservierend auf die Hefen- und anderen Epiphytenkeime wirken, die auf die Trauben gelangen. Erfahrungsgemäß hat ja auch das Spritzen, entgegen den anfänglich gehegten Befürchtungen, keineswegs eine Verzögerung im Eintritt der Gärung zur Folge.

Auch eine qualitative Verbesserung der Fruchtflora wird wohl mit der Bedeckung durch die Blätter verbunden sein, insofern die verdeckten Trauben von hefenverbreitenden Insekten voraussichtlich kaum weniger besucht werden als freistehende, während sie vor dem Staub und damit vor den durch den Wind usw. verbreiteten Bakterienkeimen einigermaßen geschützt sind. Kritische Untersuchungen über diese Verhältnisse fehlen noch. Bei solchen dürfte sich herausstellen, daß auch die Natur des Bodens nicht ohne Einfluß auf die Flora der Früchte ist: Auf stark gedüngtem, in alter Kultur befindlichem Boden dürfte die Flora eine andere sein als auf magerem, selbst keimarmem Boden. Der Vorschlag MÜLLER-THURGAU's (5), die Flora der Trauben durch entsprechende Düngung der Weinberge zu verbessern, beruht auf ähnlichen Gedanken. MÜLLER-THURGAU will die mit einer geeigneten Reinhefe versetzte Traubenmaische beim Beginn der Gärung abpressen und die mit guter lebenskräftiger Hefe dicht durchsetzten Trester sofort in den Weinberg bringen, in der Erwartung, daß der Boden an guter Hefe so angereichert wird, und daß von ihm aus die eingebrachte Hefe auch wieder auf die Trauben gelangt. Bei einem Versuche, der mit Steinberger Hefe angestellt wurde, fand MÜLLER-THURGAU (7) denn auch seine Vermutung bestätigt. Von zwei tunlichst mit Ausschluß von Fremdinfektion aus gesunden Trauben zweier mit Reben der Sorte Räuschling bepflanzter Parzellen gewonnenen Mosten vergor der von einer im Vorjahr mit Steinberger Hefe enthaltenden Trestern gedüngten Parzelle stammende viel schneller als der andere, von einer sonst gleichbeschaffenen, aber nicht mit Steinberger Hefe gedüngten Abteilung herrührende, und da die Zahl der Hefenzellen in beiden Mosten nicht merklich verschieden war, muß schon die Qualität der Hefe durch die Düngung verbessert worden sein. Um-

gekehrt ist es denkbar und sogar wahrscheinlich, daß durch Düngung mit unpassenden Stoffen, faulenden Pflanzenteilen, eingesäuerten und verdorbenen Trestern u. dgl., die Flora des Bodens und sekundär der Früchte verschlechtert wird. In noch ganz jungen Weinbaugebieten, z. B. Australiens, 5 Asiens, Amerikas (Oregon), gären die Weine trotz vorzüglicher Kultur der aus alten Weinbaugebieten dorthin gebrachten Reben im allgemeinen nicht gut durch und zeigen außerdem vielfach eine unreine Gärung. WORTMANN (5) sieht die Ursache dieses Verhaltens im Fehlen guter Weinhefe im Boden und dementsprechend auch auf den Trauben, womit 10 die Erfahrung übereinstimmt, daß gerade in solchen Gebieten der Zusatz von Weinhefen zum Most von überraschend günstiger Wirkung auf die Qualität des Weines zu sein pflegt. Nach Erfahrungen MÜLLER-THURGAU'S (8) scheint anhaltend trockene Herbstwitterung das Verhältnis zwischen *Sacch. apiculatus* und *Sacch. ellipsoideus* auf den Trauben- 15 beeren zugunsten des ersteren zu beeinflussen, der weniger empfindlich gegen Trockenheit ist.

Da dieselben Verhältnisse, welche den Epiphytenbestand der Früchte beeinflussen, auch von Einfluß auf den Befall durch Parasiten und Fäulniserreger sind, so sei hier auch auf den einschlägigen Paragraphen 20 des folgenden Kapitels hingewiesen.

§ 88. Verhalten der verschiedenen Organismen nach dem Maischen der Früchte.

Nach der Ernte werden die zur Wein- oder Branntweinbereitung bestimmten Früchte durch Mühlen oder in anderer Weise mechanisch 25 zerkleinert, und die so erhaltene sogen. Maische oder der von ihren festen Bestandteilen abgepreßte Saft wird nach der Väter Weise im allgemeinen sich selbst bezw. der spontanen Gärung überlassen, in der auf die Erfahrung begründeten und selten enttäuschten Hoffnung, daß die richtige Alkoholgärung des Zuckers sich schon einstellen werde. 30 Das ist denn in der Tat mit seltenen Ausnahmen auch der Fall.

Sobald der Fruchtsaft mit den auf der Fruchtoberfläche sitzenden Keimen in Berührung kommt, beginnt sofort ein reges Leben in diesen, ein Wachsen und Teilen und Sprossen, wenigstens seitens derjenigen Organismen, welche überhaupt in dem Fruchtsaft und unter den obwaltenden 35 Verhältnissen zusagende Ernährungs- und Wachstumsbedingungen finden. Auch wenn man die Früchte, wie es bei dem größeren Kernobst üblich und dringend zu empfehlen ist, vor der Verarbeitung wäscht, werden wohl grobe Verunreinigungen entfernt, wird aber die Zahl der in der Maische entwickelungsfähigen Keime nicht in einem 40 solchen Grade vermindert, daß es für den Charakter der eintretenden Gärung in Betracht käme. Wie BEHREND (1) gezeigt hat, gären Säfte aus gewaschenem Obst keineswegs langsamer an als solche aus ungewaschenem Obst. Eine wesentliche Verminderung wenigstens der anhaftenden Hefe, wohl aber auch der anderen Epiphyten, tritt also beim 45 Waschen sicherlich nicht ein.

Wie wir früher (s. S. 346) gesehen haben, ist die echte Hefe aber keineswegs allein, sondern sie bildet in der Regel sogar nur einen an Zahl außerordentlich zurücktretenden Teil der Fruchtflora, in der allerlei Organismen vorwalten, welche zwar in süßen Fruchtsäften sehr gut ge- 50 deihen, aber keine oder nur eine minderwertige, unvollkommene Ver-

gärung des Zuckers zu Alkohol bewirken: Apiculatushefen, Schleimhefen, Kahmpilze, *Dematium*, allerlei Schimmelpilzsporen und Formen aus der großen Schar der Bakterien. Der Hefe sind alle diese Begleiter, die Unkrautpflanzen der Gärung, zunächst schon durch ihre Zahl, zum Teil auch durch ihre größere Wachstums- und Vermehrungsgeschwindigkeit überlegen. Kein Wunder, daß in den ersten Stadien der Gärung denn auch die Unkräuter im Vorteil sind. So kann, wie WORTMANN (1) zeigte, *Dematium pullulans* unter Umständen sich stark vermehren und den Most sogar fadenziehend machen, jedenfalls einen (wenn auch nur kleinen) Teil des Zuckers der Hefe und der Gärung entziehen. Ferner ist schon länger bekannt, daß in den Anfangsstadien der Gärung die zugespitzte Hefe weitaus überwiegt; man vergl. darüber MARTINAND und RIETSCH (1), MARTINAND (2), MÜLLER-THURGAU (1). Nach MARTINAND (3) vermehrt sie sich an der Oberfläche des Mostes besonders stark. Bei einem kleinen Traubenmoste mit 12,92 Proz. Zucker gestaltete sich im Kampf ums Dasein das Verhältnis von Ellipsoideus-Individuen zu Apiculatus-Zellen, das ursprünglich 1 : 100 war,

nach	24 Stunden	wie	3 : 140
„	120	„ „	301 : 328
am Schluß der Gärung		„	720 : 360

Die zugespitzten Hefen sind nicht nur sehr schwache Gärerreger, die meist schon bei einem geringen Alkoholgehalt der Flüssigkeit ihre Tätigkeit einstellen, sondern sie wirken sogar hemmend auf die Tätigkeit der Weinhefen und können auch den Geschmack beeinflussen, wie wir später noch sehen werden.

Weit gefährlichere Begleiter der Hefe sind die Sporen der Schimmelpilze, die von den Früchten in die Gärflüssigkeit gelangen und, wenn sie Zeit und Gelegenheit haben zu keimen und sich weiterzuentwickeln, großen Schaden anrichten. Es wird darauf im folgenden Kapitel zurückzukommen sein. Ferner sind vorhanden und benutzen jede Gelegenheit sich zu vermehren die zahlreichen Keime von Kahmpilzen, Schleimhefen und anderen Torulaceen sowie das unabsehbare Heer der Bakterien. Sind, wie in den von PORTELE (1), MÜLLER-THURGAU (3) und OSTERWALDER (1) beschriebenen Fällen, schon auf den Früchten Essigbakterien so reichlich vorhanden, daß die Früchte nach Essigsäure schmecken und größere Mengen davon enthalten, so wird der Eintritt lebhafterer Alkoholgärung bedenklich verzögert; ist doch die Essigsäure, wie zuerst LAFAR's Untersuchungen (1) gezeigt haben, in vielen Fällen ein starkes Hefengift; man vergl. darüber Bd. IV, S. 137. Aehnliches gilt von der Buttersäure (vergl. S. 292), deren Auftreten allerdings nur einmal von MACH und PORTELE (1) unter besonderen, bereits auf S. 346 geschilderten Umständen in einem Most beobachtet worden ist. Gewisse Milchsäurebakterien können nach MÜLLER-THURGAU's Untersuchungen (12) in säurearmen Birnweinen die Oberhand gewinnen, die Gärung verlangsamen und einen Teil des Zuckers in den der alkoholischen Gärung unfähigen Mannit verwandeln. Bei Traubenweinen macht sich eine ähnliche Bildung von Mannit aus Zucker durch Bakterien während der Gärung vielfach in wärmeren Weinbaugebieten unangenehm bemerkbar. Bei der Behandlung der Weinkrankheiten wird darauf zurückzukommen sein. Nach MARTINAND (2 u. 3) treten in den Anfangsstadien der Gärung besonders in solchen Traubenmosten, zu deren Bereitung stark mit Erde beschmutzte, vom Boden aufgelesene Trauben Verwendung finden, zwei

Bakterien auf, die sich in Form eines dünnen Schleimes auf dem Most anhäufen, und von denen das eine der Essigbildner *Bacterium xylinum* sein soll, das andere als wahrscheinlich identisch mit dem *Bacillus fluorescens putidus* Flügge bezeichnet wird. Beide sollen die Gärung ver-
5 zögern.

Hier kann davon abgesehen werden, daß selbst unter den relativ wenigen Keimen der echten Weinhefe, welche unter einer Ueberzahl anderer als mehr oder minder große Schädlinge der alkoholischen Gärung anzusehender Fruchtbewohner sich finden, nicht alle gleichwertig sind,
10 daß vielmehr auch unter ihnen sich minderwertige, schwach und langsam gärende Hefenformen neben gärkräftigen finden, wie sie für die Weinbereitung erwünscht sind. Es wird darauf in einem der folgenden Kapitel einzugehen sein, das über die Verwendung der Reinhefe in der Weinbereitung handeln wird. Hier interessiert uns weniger der Wett-
15 bewerb zwischen guten und minderguten Weinhefen als der zwischen Weinhefen und Schädlingen der Gärung. Die letzteren befinden von Anfang an der Zahl und der Menge nach sich in der Uebermacht, und ihre Zahl nimmt, wenigstens in der ersten Zeit nach dem Maischen und Abpressen, noch ungeheuer zu. Indessen setzt gleichzeitig auch
20 die Vermehrung der ursprünglich spärlichen Weinhefen ein, und glücklicherweise verhelfen ihnen verschiedene Eigenschaften nach kürzerer oder längerer Zeit zum Siege über die Wettbewerber um den Zucker des Fruchtsaftes. Das ist einmal ihre Fähigkeit, auch in sauerstofffreien bezw. sauerstoffarmen Zuckerlösungen noch gut zu gedeihen. Sobald in
25 den Fruchtsäften der anfänglich gelöst gewesene Sauerstoff von den Organismen verbraucht ist, dann ist damit schon der Wettbewerb aller derjenigen Organismen, wie Kahmhefen, Essigbakterien, Schimmelpilze, ausgeschaltet, welche des Sauerstoffs zum Wachstum unbedingt bedürfen. Dazu kommt die Hemmung, welche die mit der beginnen-
30 den Gärung sich in und dicht über dem Fruchtsaft anhäufende Kohlensäure (vergl. Bd. IV, S. 134) auf das Gedeihen der Organismen ausübt. Nach Aderhold's Untersuchungen (1 u. 2) leidet unter der Anwesenheit der Kohlensäure allerdings auch die Weinhefe, aber weit weniger als die Apiculatus-Hefe (s. Bd. IV, S. 325), was ohne weiteres
35 erklärt, weshalb letztere wohl in der Regel die spontane Gärung einleitet, bald aber gegen die echten Weinhefen zurücktritt. Nach den Untersuchungen von Seiss (1), welche diese Ergebnisse bestätigten, ist die Hemmung der Gärtätigkeit durch Kohlensäure bei Ellipsoideus-Hefen nicht größer als die durch Sauerstoffmangel hervorgerufene, während
40 auf Apiculatus-Hefen die Kohlensäure als Gift wirkt. Schimmelpilze sterben nach Aderhold in einem mit Kohlensäure gesättigten Most bald ab, während Kahmhefen, Essigbakterien und Torula allerdings am Leben blieben, aber in Vermehrung und Wachstum vollständig gelähmt wurden. Zu dieser Waffe gesellt sich dann bald der Alkoholgehalt der
45 gärenden Flüssigkeit; schon bei einem solchen von 3 Proz. findet eine Vermehrung der zugespitzten Hefe nicht mehr statt, und von da ab ist die Alkoholbildung im gärenden Wein allein das Werk der Weinhefen.

Schon oben ist ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht worden, daß unter den gewöhnlichen Verhältnissen bei der natürlichen Gärung
50 erfahrungsgemäß schließlich die echten Weinhefen über ihre Konkurrenten die Oberhand gewinnen und die Gärung zu Ende bringen. Zu den eben geschilderten Umständen, welche diesen Sieg herbeiführen, tritt noch der natürliche Säuregehalt der Fruchtsäfte, der das Auf-

kommen von störenden Bakteriengärungen im Anfange der Gärung im allgemeinen von vornherein ausschließt. Nur in Ausnahme-Fällen, bei Verwendung besonders säurearmer Früchte (überreife Birnen) oder bei Abstumpfung der Säure, können Bakterien die Gärung wesentlich stören. Beispiele dafür sind bereits im Eingange dieses Paragraphen 5 angeführt, wo auch bereits auf die Gefahr der Verwendung stark essigstichiger Früchte hingewiesen ist; solche Vorkommnisse sind indessen sicher im ganzen selten. Häufiger sind im Verlauf des Kampfes ums Dasein zwischen den Mostorganismen Störungen durch die Temperaturverhältnisse, unter denen die natürliche Gärung sich abspielt. Allzu 10 hohe Temperatur kann den Sieg der echten Hefe ebensowohl verzögern, ja vereiteln, wie gar zu niedere Temperatur. Im ersteren Falle stören Mannitbildner vielfach den normalen Verlauf der Gärung, worüber man S. 353, dann Bd. I, S. 604, und das 18. Kapitel des vorliegenden Bandes vergleiche, im anderen können Schimmel, Kahm und Essigbakterien die 15 Oberhand gewinnen und das Getränk verderben. Gerade bei den Schädlingen der natürlichen Weingärung liegt vielfach das Temperatur-Minimum des Gedeihens tiefer als bei den Weinhefen.

Eingehende Schilderungen des Kampfes ums Dasein, der sich zwischen den verschiedenen Keimen in den Anfangsstadien der natürlichen Gärung 20 entspinnt, haben außer den schon angeführten Gärungsphysiologen insbesondere Müller-Thurgau (1) und Wortmann (3 u. 6) gegeben; man vergl. darüber Bd. I, S. 330. Die Literatur über die Anwendung der Reinhefe in der Weinbereitung, auf die in einem späteren Kapitel eingegangen werden wird, kommt immer wieder auf diesen in seiner Be- 25 deutung für die Weinbereitung gar nicht zu überschätzenden Wettbewerb zurück. Es ist wohl selbstverständlich, daß in ihm unter sonst gleichen Umständen die echten Weinhefen, welche die Säfte der süßen Früchte am schnellsten und vollkommensten zu vergären vermögen, sich um so eher zur Vorherrschaft und alleinigen Geltung 30 emporzuarbeiten vermögen, je günstiger die Zusammensetzung des Epiphytengemisches an den Früchten ist, d. h. je zahlreicher sie selbst sind. Deshalb wird auch bei der Traubenweinbereitung, wo die echten Weinhefen relativ am zahlreichsten zu sein pflegen, der Kampf im allgemeinen am schnellsten zugunsten der echten Weinhefen entschieden 35 sein. Das wird auch durch die Erfahrung bestätigt, die lehrt, daß bei der Obstweinbereitung Störungen im normalen Verlauf der Gärung weit häufiger sind als bei Traubenweinen.

§ 89. Der Einfluß der verschiedenen Organismen auf den Verlauf der Gärung und auf die Güte des Gärproduktes. 40

Haben wir im vorhergehenden Paragraphen den im Eingang der natürlichen Weingärung stattfindenden Kampf ums Dasein zwischen den verschiedenen Organismen der Maische bezw. des Fruchtsaftes etwas näher verfolgt, so bleibt jetzt noch übrig, das Verhalten der verschiedenen Fruchtbewohner während des Verlaufs der Gärung und ihren 45 Einfluß auf die Güte des Endproduktes, des Weines oder des Weindestillates, des Fruchtbranntweins, zu betrachten.

Im allgemeinen sind es natürlich auch im Verlauf der Gärung bis zur Genußreife die gärkräftigen echten (Wein-)Hefen, welche, nachdem sie im anfänglichen Kampf ums Dasein einmal die Oberhand gewonnen 50

haben, auch weiterhin allein in den gärenden Weinen tätig sein sollten, und deren dauernde Alleinherrschaft das Erreichen der bestmöglichen Qualität verbürgt. Nur in Einzelfällen kann neben ihnen die Tätigkeit anderer Organismen erwünscht sein. Dahin gehört die Tätigkeit der von Müller-Thurgau (9) entdeckten, von Mach und Portele (2) bestätigten, von A. Koch (1 u. 2) und später von Seifert (1) studierten säureverzehrenden Bakterien, welche allzu sauren Weinen das Uebermaß der Säure nehmen, nach Kulisch's (2) Vermutung auch manchen Weinen den bei ihnen so geschätzten jugendlich prickelnden Charakter verleihen. Kayser und Dienert (1) erzielten einen besseren Kirschbranntwein, wenn sie die sterilisierten Kirschen mit einem Gemisch von Reinhefe und Milchsäurebakterien, beide aus Kirschenmaische gezüchtet, vergoren, als wenn sie reine Reinhefe verwendeten; es scheint also, als wenn auch bei der Kirschengärung, welche der Kirschbranntweinbereitung dient, Milchsäurebakterien eine wohltätige Rolle spielen.

Diesen vereinzelten Fällen von günstiger Wirkung, die zudem, wenigstens in dem Falle, der am klarsten liegt, bei der Säureabnahme, im wesentlichen auf die Endstadien der Gärung beschränkt ist, steht als Regel die ungünstige Beeinflussung der Hefentätigkeit und der Beschaffenheit des Weines durch die Begleiter der Hefe gegenüber. Entweder wirken die Schädlinge der alkoholischen Gärung hemmend auf die Gärtätigkeit der Weinhefe ein, oder sie entziehen wenigstens einen größeren oder geringeren Teil des Zuckers der Vergärung durch die Hefe, indem sie ihn für den Aufbau ihres eigenen Körpers in Anspruch nehmen, oder aber sie scheiden Stoffwechselprodukte aus, welche den Geschmack des Gärungsproduktes ungünstig beeinflussen. Selbstverständlich werden im allgemeinen diese drei Arten der Schädigung nicht getrennt sein, sondern derselbe Organismus wird vielfach gleichzeitig auf dem einen sowohl wie auf dem andern Wege die Qualität des Weines verschlechtern.

Von der Hemmung, welche die alkoholische Gärung der Weinhefe durch das Stoffwechselprodukt der Essigsäurebakterien erleidet, ist im vorhergehenden Paragraphen schon die Rede gewesen. Hier muß indessen auch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die zugespitzte Hefe keineswegs der harmlose Begleiter der echten Weinhefe ist, den man in ihr, als einem schwachen Erreger derselben Alkoholgärung, erwarten sollte, sondern daß sie in der Tat nicht unbedenkliche Störungen der normalen Gärung hervorzurufen und einen ungünstigen Einfluß auf die Qualität des Gärungsproduktes auszuüben vermag. Bei seinen ersten Versuchen über das Zusammenwirken verschiedener Hefenrassen bei der Weingärung machte Müller-Thurgau (8) die Erfahrung, daß die Weinhefen durch die zugespitzten Hefen in ihrer Tätigkeit ganz außerordentlich gehemmt werden. Eine durch Diagramme verdeutlichte Darstellung der gemachten Feststellungen ist schon auf S. 329—331 des Vierten Bandes gegeben worden. Wie weitere Versuche zeigten, ist der Grad der Widerstandsfähigkeit gegen die zugespitzte Hefe bei verschiedenen Weinhefen recht verschieden. Eine aus Obstwein gezüchtete Hefe verhielt sich am resistentesten. Spätere Untersuchungen Müller-Thurgau's (10) bestätigten und erweiterten diese Ergebnisse. *Sacch. apiculatus* wurde auch von der gärkräftigsten Weinhefe nicht unterdrückt, machte seinen schädlichen Einfluß, insbesondere auf die Schnelligkeit der Gärung, vielmehr stets geltend, wenn auch natürlich um so weniger, mit je gärkräftigerer Weinhefe er zusammengebracht war. In je größerer Anzahl

die zugespitzte Hefe der Weinhefe beigemischt war, um so größer war auch ihr Einfluß auf Gärung und Gärprodukt, wobei allerdings eine Steigerung des Zusatzes über gleiche Teile beider Hefen keinen merklichen Einfluß mehr ausübte. Auch in ihren Mitteilungen über die Züchtung und Prüfung reiner Obstweinhefen, für welche ja bei dem Ueberwiegen der Apiculatus-Hefe auf dem Obst die Resistenz gegen diesen Schädling besonders wichtig ist, kommen MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) zu ähnlichen Ergebnissen, die auch von RÖHLING (1) und MEISSNER (2) inzwischen bestätigt worden waren. Worauf die Hemmung der echten Weinhefe durch die zugespitzte Hefe beruht, ist noch unbekannt. Auf die später noch zu erwähnende Bildung flüchtiger Säure durch *S. apiculatus* ist MÜLLER-THURGAU geneigt sie zurückzuführen; daß mit dem Aufhören der Gärtätigkeit der zugespitzten Hefe trotz des Vorhandenseins der flüchtigen Säure auch die Hemmung aufhört, sucht er mit der Annahme zu erklären, daß die gebildete Säure in Esterbindung mit dem Alkohol übergehe. Auch auf das Wachstum der Hefe wirkt die Gegenwart von *S. apiculatus* ungünstig ein. Während in rein vergorenem Obstwein pro Liter an Hefe 2,72 g *Steinberg 1*, 2,96 g *Karthaus 7* und 1,32 g *S. apiculatus* geerntet wurden, drückte die Gegenwart von *S. apiculatus* die Hefenernte auf 2,42 g (*S. apiculatus* + *Steinberg*) und 2,11 g (*S. apiculatus* + *Karthaus*) herab.

Weit größer und gefährlicher als die Hemmung der Gärung durch *S. apiculatus* oder als die von MEISSNER (1) untersuchte, durch Schleimhefen verursachte, sind die Verzögerungen und Störungen der Gärung durch Schimmelpilze, die wir indes im folgenden Kapitel eingehender zu betrachten haben werden und hier nur im Vorbeigehen erwähnen. Die Gärungshemmung durch schädliche Organismen kann so weit gehen, daß schon bei relativ niederem Alkoholgehalt, wenn noch gärungsfähiger Zucker vorhanden ist, die Gärung still steht, bei einem Alkoholgehalt, der keineswegs genügend hoch ist, um die Haltbarkeit des Weines zu gewährleisten, und der weit unter der Grenze des Alkoholgehalts liegt, den die vorhandene Weinhefe an sich zu erzeugen vermöchte. Gerade dieser Fall tritt bei Schimmelpilzwucherungen auf dem Rohmaterial der Weinbereitung gar nicht selten ein. Aber auch *Sacch. apiculatus* übt nach MÜLLER-THURGAU (10) einen ungünstigen Einfluß auf den Vergärungsgrad aus, so daß in seiner Gegenwart stets ein größerer Zuckerrest bleibt als ohne ihn.

Ganz selbstverständlich wird bei der natürlichen wilden Gärung ein Teil des in den Fruchtsäften ursprünglich vorhandenen Zuckers von den nicht gärfähigen Konkurrenten der Gärungserreger für ihren Lebensunterhalt in Anspruch genommen und damit der Einwirkung der Hefe entzogen. Der Wein wird bei gleichem Ausgangsmaterial also um so alkoholärmer, bei Fruchtbranntweinmaischen die Ausbeute um so geringer sein, je größer die Zahl der vorhandenen Gärungsschädlinge ist, und je mehr Zeit ihnen zum Wachstum bleibt. Selbst für das im großen und ganzen harmlose *Dematium pullulans*, das allerdings nach MÜLLER-THURGAU gerade in feuchten Jahren, wo an und für sich die Beschaffenheit des Mostes gering und sein Zuckergehalt besonderer Schonung bedürftig ist, besonders reichlich auf den Trauben vorkommt, berechnet WORTMANN (1) den Zuckerverbrauch binnen 8 Tagen auf 0,4 Prozent. Weit größer dürfte er für Milchsäurebakterien, Kahmpilze, Torula-Arten und insbesondere für Schimmelpilze sein. Für letztere vergleiche man das 15. Kapitel. MARTINAND (3) säte eine *Torula* bezw. eine Kahm-

hefe mit Weinhefe zusammen in Most aus. Die Untersuchung der freilich bei abnorm hohen Temperaturen erzielten Gärungsprodukte ergab folgendes:

	Gärungs-Temperatur:	Alkohol in Proz.:	Zuckerrest in Proz.:
Hefe + Torula	24—27 °	5,69	0,47
Hefe + Kahm	„	8.45	0,42
Hefe + Torula	34—37 °	4,70	0,91
Hefe + Kahm	„	6,45	0,03

Danach würde die Torula allerdings ganz unverhältnismäßig viel Zucker 5 verbraucht haben. Zweifellos dürfte aber auch durch die hohe Temperatur, bei der MARTINAND die Versuche ausführte, die Hefe in ihrer Gärtätigkeit sehr ungünstig beeinflußt worden sein. Immerhin vermögen die Zahlen zu illustrieren, welche unmittelbaren Verluste unter Umständen, wie sie allerdings in diesem Grade selten verwirklicht sein dürften, 10 durch die Begleiter der Hefe hervorgerufen werden können.

Untersuchungen MÜLLER-THURGAU's (10) zeigten ferner in Bestätigung früherer Angaben von SCHUKOW (1), daß die zugespitzte Hefe sich durch besonders starken Verbrauch der Wein- und Aepfelsäure des Weines vor der Weinhefe auszeichnet, und daß diese ihre Eigenschaft 15 sich auch im Gemisch mit Weinhefe geltend macht. Es bedarf keines Hinweises, daß auch hierdurch der *Sacch. apiculatus* den Charakter des fertigen Produktes beeinflussen kann.

Noch mehr aber ist das gewiß der Fall durch die auch von MÜLLER-THURGAU (8 u. 10) zuerst gefundene, bereits oben erwähnte 20 Eigenheit der Apiculatus-Hefen, in der Regel bei der Gärung besonders große Mengen von flüchtigen Säuren (s. Bd. IV, S. 326) zu erzeugen. Nur im Birnenmost waren ihnen einige Weinhefen darin ebenbürtig. Von den mit *Sacch. apiculatus* allein oder im Gemisch mit Weinhefen vergorenen Birnenweinen enthielten einige 0,6 und mehr (bis 1,23) Pro- 25 mille flüchtige Säure, als Essigsäure berechnet, ohne stichig zu sein, was darauf schließen läßt, daß die flüchtige Säure nicht Essigsäure allein ist. Bei den Versuchen RÖHLING's (1) wurden im Traubensaft nach Vergärung mit verschiedenen Hefen folgende, in Promille angegebene Mengen flüchtiger Säure, als Essigsäure berechnet, gefunden:

30 Weinhefe, Rasse *Weinsberg* 0,54
Apiculatus-Hefe (6 Rassen) . . . . 1,09—1,30, im Mittel 1,20
Gemisch von Weinhefe und Apiculatus (6 Rassen) 0,63—0,91, im Mittel 0,82

Weit größer ist aber der Einfluß, den die Apiculatus-Hefen durch Bildung chemisch zurzeit nicht faßbarer Gärungsbukette (s. Bd. IV, S. 327) auf 35 den Charakter des Gärproduktes ausüben, und der sich auch bei den Versuchen RÖHLING's geltend machte. Das Fehlen oder Zurücktreten des Apiculatus-Buketts wird stets als ein Vorzug empfunden: solche Weine werden als reingärig, als weiniger im Geschmack, als frei von Obstgeschmack bezeichnet. Näheres darüber findet man in dem von der 40 Verwendung reiner Weinhefen in der Weinbereitung handelnden 16. Kapitel dieses Bandes.

Etwas faßbarer ist die Beeinflussung von Geschmack und Bukett des Weines durch Essig- und Milchsäurebakterien, wenn auch nicht verschwiegen werden darf, daß gerade der für den sogen. Milchsäurestich 45 vielfach so charakteristische Sauregurkengeschmack keineswegs von der Milchsäure herrührt. Auch ist es mindestens fraglich, ob das wahr-

scheinlich auch von Bakterien herrührende sogen. „Mäuseln" mit dem in der Regel hohen Gehalt mäuselnder Weine an flüchtigen Säuren unmittelbar zusammenhängt. Gewisse Bakterien, deren Kultur leider bisher nicht geglückt ist, die aber nach BEHRENS (1) regelmäßig in stärker gewässerten, nicht zu zuckerreichen Johannisbeermosten sich recht unangenehm fühlbar machen, bringen nicht nur eine wesentliche Geschmacksverschlechterung hervor, sondern zerstören auch große Mengen der vorhandenen Citronensäure, wobei wieder flüchtige Säuren auftreten. Nähere Untersuchungen dieser Art des Mäuselns hat SEIFERT (2) veröffentlicht. Uebrigens ist der Ausdruck Mäuseln wohl als Sammelbegriff für viele in sich recht verschiedene Arten von Geschmacksverschlechterung aufzufassen.

KAYSER (2) erhielt aus Most von Trauben, die stark von Rußtau (*Capnodium*) befallen waren, selbst bei Sterilisation und Vergärung mit Reinhefe ein minderwertiges Gärprodukt. Der sehr viel schleimige und pektinartige Stoffe enthaltende Most vergor schwer; die chemische Analyse der Gärprodukte von gesunden und von rußtaubefallenen Trauben ergab folgendes:

	Extrakt Proz.:	Alkohol Vol.-Proz.:	Zuckerrest Proz.:	Gesamtsäure (als Schwefelsäure berechnet) Proz.:	Flüchtige Säure (als Essigsäure berechnet) Proz.:
Wein aus gesunden Trauben	2,215	10,25	0,859	0,504	0,0275
Wein aus rußtaubefallenen Trauben	6,450	10,80	1,145	0,921	0,0931

Ueber schlimme Folgen der Vermostung von Traubenbeeren, die vom Schwarzbrenner befallen waren, berichtet PACOTTET (1); an der schweren Schädigung der Beschaffenheit des Produktes dürften die in den vom Schwarzbrenner (*Sphaceloma ampelinum*) erzeugten Krebswunden der Beeren vorhandenen zahlreichen Keime von Weinschädlingen wohl in höherem Grade beteiligt sein als der Schwarzbrennerpilz selbst. In ähnlicher Weise schaden Hagelwunden, so daß man vom sogen. Hagelgeschmack redet; man vergl. MATHIEU (1). Ebenso schadet die Verwendung stark mit Erde beschmutzter und am Boden gelegener Früchte der Qualität wesentlich deswegen, weil dadurch eine besonders große Zahl von Krankheitskeimen in den Most gebracht wird, so daß der Sieg der echten Weinhefen verzögert und der Fortschritt der Gärung gehemmt wird; worüber MÜNTZ und ROUSSEAUX (1) und MUTH (1) berichten. Auch an der von KULISCH (1) wiederholt beobachteten erheblichen Verzögerung des Beginns der Gärung bei Mosten, die von stark mit Mehltau (*Oidium*) befallenen Trauben stammen, dürften die in den Rissen der kranken Beeren angesiedelten und im Mycelgeflecht des *Oidium* hängen gebliebenen Bakterien, Kahmpilze und sonstigen Mikroorganismen den Hauptteil der Schuld tragen. Im allgemeinen liefern nach LABORDE (1) die am meisten durch Hagel, Schnabelhiebe, Insekten- und Larvenfraß, Fäulnis usw. geschädigten und die am meisten von Schmutz und Erde starrenden Trauben die am meisten zu Erkrankungen neigenden Weine. Verwendet man teige Birnen zur Weinbereitung, so nehmen nach MÜLLER-THURGAU (13) schon während der Gärung, z. T. infolge des Gehalts der teigen Früchte an gärungshemmenden Stoffen, Bakterien stark überhand und verursachen die Bildung von Mannit, Milchsäure, Essigsäure, Estern und anderen Stoffen, welche die Beschaffenheit des Getränkes sehr ungünstig beeinflussen.

Im nächsten Kapitel sowie in dem Kapitel, das über die Krankheiten des Weines handelt, wird eingehender auf diese Verhältnisse zurückzukommen sein.

Literatur

zum Kapitel Die Pilzflora auf Trauben und Obstfrüchten.

*Aderhold, R., (1) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1892, S. 118. — (2) Ebenda, S. 132. — (3) Landw. Jahrbücher, 1896, Bd. 25, S. 875; 1900, Bd. 29, S. 542. — (4) Ebenda, 1899, Bd. 28, S. 69. *Barker, P. T., (1) The Journ. of Agric. Science, Vol. III, Part 1, Dec. 1908, S. 1. *Behrend, Paul, (1) Beiträge zur Chemie des Obstweines. Hohenheim 1892. *Behrens, J., (1) Ber. d. Großh. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg über ihre Tätigkeit im Jahre 1902. Karlsruhe 1903, S. 36. *Beyerinck, M. W., (1) Centralbl. f. Bakt., 1894, Bd. 16, S. 49. *Büsgen, M., (1) Der Honigtau. Biol. Studien an Pflanzenläusen. Jena 1891. — (2) Bot. Ztg., 1. Abt., 1893, S. 53. *Burri, R., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 10, S. 756. *Chapelle, J., und Ruby, J., (1) Revue de Viticulture, 1909, Bd. 31, S. 14. *Cordier, J. A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1898, Bd. 127, S. 628. — (2) Recherches sur les levures du vignoble de Champagne. Paris (o. J.). — (3) Cit. n. Revue de Viticulture, 1906, Bd. 25, S. 125. *Descoffre, A., (1) Etude sur les levures aérogènes des Charentes; cit. n. Revue de Viticulture, 1905, Bd. 23, S. 51. *Düggeli, M., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1904, Bd. 12, S. 602 u. 695; Bd. 13, S. 56 u. 198. *Eckenroth, H., und Heimann, R., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1895, Bd. 1, S. 529. *Guillermond, A., (1) Revue générale de Botanique, 1908, Bd. 20, S. 385; Comptes rend. de l'Ac., 1908, Bd. 146, S. 704. *Hoffmann, H., (1) Bot. Ztg., 1860, Bd. 18, S. 49; Annales des Sciences Nat., Bot., 1860, Bd. 13, S. 21. *Jörgensen, A., (1) Ueber den Ursprung der Alkoholhefen. Kopenhagen 1895. *Kayser, E., (1) Ann. Pasteur, 1891, Bd. 5, S. 456. — (2) Revue de Viticulture, 1902, Bd. 18, S. 38. *Kayser, E., und Dienert, F., (1) Ann. de la Science Agronomique, 1905, 2. Sér., Bd. 10, S. 209. *Klöcker, A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 26, S. 513. *Koch, Alfred, (1) Weinbau und Weinhandel, 1898, Bd. 16, S. 236. — (2) Ebenda, 1900, Bd. 18, Nr. 40. *Kossowicz, Al., (1) Z. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1908, Bd. 11, S. 725. — (2) Ebenda, S. 894. *Kroemer, K., (1) Geisenheimer Bericht für das Etatsjahr 1909. Berlin 1910, S. 111. *Kühl, H., (1) Cit. nach Kroemer (1) und Konservenzeitung, 1910, S. 171. *Kulisch, P., (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1908, Bd. 27, S. 5 u. 163. — (2) Mitteilungen des Deutschen Weinbauvereins, 1910, Bd. 5, S. 48, 87, 105, 171. *Laborde, J., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 689. — (2) Ebenda, 1904, Bd. 22, S. 488. *Lafar, Fr., (1) Landw. Jahrbücher, 1895, Bd. 24, S. 445. *Lüstner, G., (1) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1902, Bd. 14, S. 6. *Mach, E., und Portele, K., (1) Landw. Versuchsstationen, 1890, Bd. 27, S. 305. — (2) Ebenda, 1892, Bd. 41, S. 270. *Martinand, V., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1891, Bd. 113, S. 782. — (2) Revue de Viticulture, 1908, Bd. 29, S. 397. — (3) Ebenda, 1909, Bd. 32, S. 174. — (4) Ebenda, S. 346 u. 376. *Martinand, V., und Rietsch, M., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1891, Bd. 112, S. 736. *Mathieu, L., (1) Revue de Viticulture, 1904, Bd. 22, S. 332. *Meissner, Richard, (1) Landw. Jahrbücher, 1898, Bd. 27, S. 715. — (2) Jahresbericht d. Vereinigung f. angew. Botanik, Bd 3, Berlin 1906, S. 44. *Müller-Thurgau, H., (1) Verhandlungen des XI. Deutschen Weinbaukongresses zu Trier. Mainz 1889, S. 80. — (2) Verhandlungen des XII. Deutschen Weinbaukongresses in Worms 1890. Mainz 1891, S. 128. — (3) Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau, 1901, Bd. 10, S. 289. — (4) III. Jahresbericht der Deutsch-Schweiz. Versuchsstation und Schule f. Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädensweil f. d. Jahr 1892/93. Zürich 1894, S. 73. — (5) Weinbau und Weinhandel, 1894, S. 428. — (6) IV. Jahresbericht etc. Wädensweil 1893/94, Zürich 1895, S. 64. — (7) Ebenda, S. 68. — (8) V. Jahresbericht etc. Wädensweil 1894/1895, Zürich 1896, S. 76; Weinbau und Weinhandel, 1897, Nr. 17. — (9) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 707. — (10) VII. Jahresbericht etc. Wädensweil 1896/1897, S. 50; Weinbau und Weinhandel, 1899, S. 389. — (11) VIII. Jahresbericht etc. Wädensweil 1897/1898. Zürich 1900, S. 108. — (12) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1907, S. 1. — (13) Ebenda, 1910, S. 263. *Müller-Thurgau, H., und Osterwalder, A., (1) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1908, S. 745. *Müntz, A., und Rousseaux, E., (1) Revue de Viticulture, 1895, Bd. 4, S. 149. *Muth, Fr., (1) Bericht der Großh. Wein- und Obstbauschule in Oppenheim über ihre Tätigkeit in den Jahren 1903 bis 1910, S. 128. *Odier, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1909, Bd. 148, S. 1281. *Osterwalder, A., (1) Schweiz. Z. f. Obst- u. Weinbau, 1909, Bd. 18, S. 258. *Pacottet, P., (1) Revue de Viticulture, 1904, Bd. 21, S. 5. *Pasteur, L., (1) Etudes sur la bière. Paris 1876. *Pearce, E. B.,

und **Barker,** P. T., (1) The Journ. of Agric. Science, Vol. III, Part 1, Dec. 1908, S. 55. *__Petri,__ L., (1) Ricerche sopra i batteri intestinali della Mosca olearia. Memorie della R. Stazione di Patologia Vegetale Roma. Roma 1909. ***Portele,** K., (1) Die Weinlaube, 1884, Bd. 16, S. 403. **Röhling,** A., (1) Morpholog. und Physiolog. Untersuchungen über einige Rassen des Saccharomyces apiculatus. Dissert., Erlangen 1905. ***Rolants,** (1) Ann. Pasteur, 1899, Bd. 13, S. 452. ***Rommel,** W., (1) W. f. Brauerei, 1902, Bd. 19, S. 320. ***Ruhland,** W., (1) Arb. a. d. Biol. Abt. a. Kais. Gesundheitsamte, 1905, Bd. 4, S. 157. ***Schukow,** J., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 601. ***Seifert,** W., (1) Z. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1901, Bd. 4, S. 980; 1903, Bd. 6, S. 567. — (2) Ebenda, 1903, Bd. 6, S. 738. ***Seiss,** Cl., (1) Geisenheimer Jahresbericht für das Etatsjahr 1907. Berlin 1908, S. 381. ***Tate,** G., (1) Journ. of the Chem. Soc., Transactions, 1893, Bd. 63, S. 1263; Kochs Jahresb., 1893, Bd. 4, S. 191. ***Ulpiani,** C., und **Sarcoli,** L., (1) Cit. n. Kochs Jahresb., 1902, Bd. 13, S. 324. ***Viala,** P., und **Pacottet,** P., (1) Revue de Viticulture, 1904, Bd. 22, S. 117; 1905, Bd. 24, S. 433. ***Wortmann,** J., (1) Geisenheimer Jahresbericht für 1891/92, S. 52. — (2) Mitteilungen über Weinbau und Kellerwirtschaft, 1895, Bd. 7, S. 169. — (3) Anwendung und Wirkung reiner Hefen in der Weinbereitung. Berlin 1895. — (4) Geisenheimer Jahresbericht für 1898/99, S. 72. — (5) Geisenheimer Jahresbericht für 1897/98, S. 75. — (6) Die wissenschaftlichen Grundlagen der Weinbereitung und Kellerwirtschaft. Berlin 1905.

Manuskript-Einlauf:
20. Okt. 1910.

15. Kapitel.

Fäulniserscheinungen an Trauben und anderen Rohmaterialien der Weinbereitung.

Von Prof. Dr. J. BEHRENS.

§ 90. Fäulniserscheinungen an süßen Früchten verschiedener Art.

Der Zweckmäßigkeit wegen behandeln wir die Fäulnis der süßen Früchte, mit Ausschluß der Trauben einerseits, der in den folgenden Paragraphen mit der Traubenfäule zu besprechenden Botrytis-Fäule andererseits, vorweg. Da auf die Obstfäulnis bereits im dritten Kapitel des vorliegenden Bandes (S. 36 u. f.) näher eingegangen worden ist, wird hier nur eine Nachlese zu halten sein. Zu den dort bereits dargestellten Fäulniserscheinungen an Aepfeln und Birnen, die unter unseren Verhältnissen nächst den Trauben entschieden das wichtigste Obst bilden, das Material zur alkoholischen Gärung liefert, kommen einige neue. OSTERWALDER (1 u. 3) erkannte den Keimlingspilz *Phytophthora omnivora* DE BARY (= *Ph. Cacti* LEB.) als Verursacher einer in der Schweiz verbreiteten Fäulnis an Aepfeln und Birnen; er vermochte den früher nur an Keimlingen und krautigen Stengelorganen beobachteten Pilz von Aepfeln auf die Zierpflanze *Calceolaria* und umgekehrt zu übertragen. BUBÁK (1) wies diese Art der Fäulnis an Birnen in Oesterreich nach, MARCHAL (1) fand sie in Belgien. Da die Ansteckung vom Boden, dem Winteraufenthalt der Oosporen des Pilzes, aus erfolgt und der Pilz, wie alle Peronosporeen, feuchte Umgebung liebt, so werden besonders die niedrig hängenden Früchte von Spalierbäumen befallen. Auch eine Fäulnis der Erdbeeren, deren verbreitetster Fäulniserreger im allgemeinen *Botrytis* ist, wird nach OSTERWALDER (4) durch *Phytophthora omni-*

rora hervorgerufen; er vermochte den Pilz von den befallenen lederig-zähen Erdbeerfrüchten auf Aepfel zu übertragen.

Die Kenntnis der neben Fruchtfäule auch Zweigerkrankungen hervorrufenden *Monilia*-Formen des Kern- und Steinobstes (vergl. S. 51 u. 5 Bd. I, S. 213) erweiterten ADERHOLD und RUHLAND (1) durch die Erziehung der zu *Monilia fructigena* des Kernobstes und *Monilia laxa* der Aprikosen gehörigen Apothecien und durch den Nachweis, daß die von NORTON beobachteten Apothecien (s. S. 51) zu *Monilia cinerea* gehörten. Nach DANDENO (1) sollen die Apothecien der Obst-Monilien, welche danach 10 zur Discomyceten-Gattung *Sclerotinia* gehören (s. Bd. IV, S. 335), regelmäßig erscheinen, wenn die gefaulten und mumifizierten Früchte auf grasbewachsenem Boden überwintern, während sie im Boden verrotten und auf unbewachsenem Boden vertrocknen. Nach MOLZ (2) bedürfen die Fruchtsclerotinien zur Bildung der Konidienpolster des Lichtes.

15 Zu dem *Gloeosporium fructigenum* (vergl. S. 44), das LÜSTNER (1) von der Kirsche auf den Apfel zu übertragen vermochte, fügte OSTERWALDER (2) ein *Gloeosporium album n. sp.* Erwähnt sei auch SCOTT's (1) Monographie der durch *Gloeosporium fructigenum* hervorgerufenen Bitterfäule der Aepfel.

20 Eine bisher in Amerika und in Frankreich gefundene Schwarzfäule der Aepfel wird von dem Pilz *Sphaeropsis malorum* PECK hervorgerufen, der auch einen Krebs an den Stammteilen verursacht, ähnlich wie *Gloeosporium fructigenum* (= *Glomerella rufomaculans* [BERK.] SPAULD. et v. SCHRENK). Man vergleiche darüber LONGYEAR (1), der die Fäulnis-25 erreger des amerikanischen Obstes überhaupt behandelt, und WHETZEL (1). WALKER (1) beschrieb eine von dieser Art durch die Größe der Sporen und der Pykniden verschiedene Form, die noch weit gefährlicher sein soll. Der *Bacillus amylovorus* (BURR.) DE TONI, die Ursache des so schlimmen Fire (Pear) blight, einer Krebskrankheit der Kernobstbäume, 30 ruft auch eine Fäulnis der Früchte hervor, wie ADERHOLD und RUHLAND (2) bestätigten. Im übrigen vergleiche man bezüglich der beiden Schädlinge noch die Handbücher der Pflanzenkrankheiten, z. B. das von SORAUER (1), sowie bezüglich des *Bac. amylovorus* im besonderen E. F. SMITH (1). Möglicherweise vermag auch der in Deutschland verbreitetste Krebserreger 35 des Kernobstes, die *Nectria ditissima*, eine Kernobstfäulnis zu verursachen. Nachdem schon OSTERWALDER (vergl. S. 46) in einem *Fusarium* (*F. putrefaciens n. sp.*) den Erreger einer Apfelfäule gefunden hatte, beschrieb LÜSTNER (2) als Verursacher einer Apfelfäule eine Form der durch den Besitz von Fusarien als Nebenfruchtformen so vielfach ausgezeichneten 40 Pyrenomycetengattung *Nectria*, und APPEL und WOLLENWEBER (1) gelang es, mit einem aus dem Kerngehäuse eines faulenden Apfels gezüchteten *Fusarium Willkommii* LINDAU Krebsstellen an geimpften Apfelzweigen zu erzeugen.

Ein *Cylindrosporium pomi n. sp.* erzeugt nach BROOKS (2) Faulflecken 45 an Aepfeln. LEWIS (1) beschreibt einen *Endomyces mali n. sp.*, der in Maine Faulflecken an Aepfeln hervorrief, und nach den Beobachtungen von STEVENS und HALL (1) ist *Volutella fructi* STEVENS et HALL, ein neuer Fungus imperfectus aus der Gruppe der *Tuberculariales* (s. Bd. I, S. 215), Ursache einer Apfelfäule, welche der durch *Sphaeropsis malorum* 50 verursachten Schwarzfäule sehr ähnlich ist.

Die Fäulniserreger des amerikanischen Kern- und Steinobstes behandelt die bereits erwähnte Monographie von LONGYEAR (1) über die Krankheiten der Obstfrüchte in Michigan. Auf nach Deutschland im-

portierten Bananen fand Laubert (1) als häufigen Fäulniserreger ein *Gloeosporium*, das sich auf Aepfel nicht übertragen ließ und vielleicht mit dem *Gloeosporium Musarum* Cooke et Mass. identisch ist. Umgekehrt ließ sich auch das *Gloeosporium fructigenum* Berk. des Apfels nicht auf Bananen übertragen. Stevens und Hall (2) beschreiben eine Fäulnis der Feigen durch *Colletothrichum caricae n. sp.*; ergriffene Früchte fallen vorzeitig ab. Die Tatsache, daß Liebhaber die Bereitung von Wein aus allen möglichen zuckerhaltigen Früchten versuchen und auch die Preißelbeere diesem Schicksal nicht entgangen ist, entschuldigt wohl den Hinweis auf eine von Shear (1) verfaßte Monographie der Pilze des nordamerikanischen Ersatzes der Preißelbeere, der Moosbeere, Cranberry (*Vaccinium macrocarpum*). Selbst für Weinbereitung aus Orangen gibt ein anonymer Verfasser (1) ein Rezept, so daß eine Nachlese dessen, was über Fäulnispilze der im Welthandel eine so große Rolle spielenden Orangen, Citronen und verwandten Früchte bekannt ist, nicht ganz außerhalb des Rahmens dieses Kapitels fällt.

Zur Kenntnis der auf S. 40 u. 41 dieses Bandes bereits erwähnten Fäulnis der Früchte durch *Penicillium*-Arten lieferte Schneider-Orelli (1) einen wichtigen Beitrag, insofern er nachwies, daß *Penicillium italicum*, der neben *P. olivaceum* Wehmer häufigste Fäulniserreger der importierten Orangen, Citronen und Mandarinen (s. Bd. IV, S. 228 u. 229), auch in Sporenform mit und auf gesunden Früchten eingeführt wird, und daß auch „*Penicillium glaucum*“ für die genannten Südfrüchte pathogen ist. Nachdem Thom (1) in seiner kritischen Bearbeitung zahlreicher Arten neuerdings (s. Bd. IV, S. 223) das „*Penicillium glaucum*“ Link oder Bref. als ein Konglomerat sehr verschiedener Formen ansieht, bedarf die Frage besonderer Klärung, um welche Arten es sich hier sowie bei dem von R. E. Smith (1) auf Citronen gefundenen *P. glaucum* Link und dem „blue mould“ der Orangen auf Cuba nach Cooke und Horne (1), der californischen Citronen nach True und Sievers (1) handelt. Das von Wehmer bereits beobachtete *Penicillium olivaceum*, das als identisch mit dem schon früher bekannten *P. digitatum* (Fr. Sacc.) betrachtet wird, scheint nach Evans (1) auch durch die unverletzte dünne Schale mancher Citronensorten Südafrikas eindringen zu können. Neben *Penicillium digitatum* und *P. glaucum* sah R. E. Smith (1) auch einen Pilz, der weiße Watten und in ihnen schwarze Sklerotien bildete. Der nach Smith zweifellos zu *Sclerotinia* gehörige Pilz greift überaus schnell von Frucht zu Frucht über und ist daher auf dem Lager besonders schädlich. Faulflecke auf den Früchten verursacht *Colletothrichum gloeosporioides* Penzig, wegen dessen auf die bereits erwähnte Schrift von Cooke und Horne (1) verwiesen sei. *Cladosporium elegans* Penzig erzeugt Schorfflecke an den reifenden Früchten, die dadurch sehr entwertet werden. Außer Cooke und Horne vergleiche man hierüber Swingle und Webber (1). Behufs Entfernung der Rußtaupilze werden die Früchte nach Webber (1) und R. E. Smith (1) für Handelszwecke mit Sägemehl und Wasser in Fässern gerollt. Eine Schwarzfäule der aus Natal nach Transvaal eingeführten Citronen rührt nach Evans (2) von einer *Diplodia natalensis* P. Evans her. Besonders schädlich sowohl am Baum wie auf dem Lager wird den Citrus-Früchten eine von R. E. und E. H. Smith (1) beschriebene Peronosporee *Pythiocystis citrophthora*, welche an den Bäumen, ebenso wie an Apfel- und Birnbaum die ihr sehr ähnliche *Phytophthora omnivora*, zunächst die niedrig hängenden Früchte befällt und in feuchter Luft auf den befallenen Früchten

weiße Konidienträgerrasen bildet. Der Pilz richtet nach R. E. SMITH (1) durch die von ihm hervorgerufene Braunfäule oft außerordentlich großen Schaden an. Zur Verbreitung auf die geernteten Früchte trägt vielfach das Waschen bei; es sollte dem Waschwasser daher stets etwas Kupfervitriol (1 Teil auf 50000 Teile Wasser) zugesetzt werden.

Die Wertverminderung, welche die süßen Früchte mit Rücksicht auf ihre Verwendung zur Herstellung alkoholischer Getränke durch die Fäulnis erleiden, ist nur zum Teil unmittelbarer Natur, insofern die Fäulnispilze einen mehr oder weniger großen Teil des Zuckers zerstören und dadurch den Alkoholgehalt und vielfach auch die Haltbarkeit des Gärungsproduktes herabdrücken. Die Saftausbeute wird infolge der Fäulnis vielfach geringer werden, zumal wenn die fauligen und angefaulten Früchte an der freien Luft aufbewahrt werden, weil die Wasserverdunstung infolge der Fäulnis gefördert ist. Meist werden durch die Fäulniserreger auch noch andere Veränderungen hervorgerufen, welche die Qualität des Gärungsproduktes ungünstig beeinflussen. Insbesondere schmecken infolge der Fäulnis schon die Früchte und ihr Saft vielfach bitter oder sonst unangenehm, und dieser Geschmack bleibt dem Produkte. Vielleicht noch schlimmer aber sind die mittelbaren Folgen der Fäulnis: Der Saft wird durch die Pilzwucherung in den Früchten schwerer vergärbar. Wir werden darauf später zurückkommen; hier sei nur erwähnt, daß besonders auch die Sclerotinien des Kern- und Steinobstes den Saft der befallenen Früchte schwer vergärbar machen. Ferner finden an den faulen Früchten die im vorhergehenden Kapitel betrachteten Epiphyten die beste Gelegenheit, sich stark zu vermehren. Vielfach macht die Fäulnis die Oberfläche der Früchte auch geeigneter zur bloß passiven Ansammlung von keimhaltigem Staub. Schon die oberflächlich wachsenden, nur Flecke erzeugenden Schorfpilze des Kernobstes wirken nach KIEBLER (1) in dieser Richtung: In den Pilzrasen und in den Rissen der Schorfflecke nisten sich auch andere Pilze und Bakterien ein, welche in dem aus den Früchten bereiteten Wein unter Umständen die schlimmsten Fehler und Krankheiten erzeugen.

Ueber das spontane, ohne Mitwirkung von Fäulnispilzen zustande kommende Teigwerden der Birnen (vergl. S. 37), ein spontanes Absterben der Fruchtfleischzellen, deren Inhalt sich braun färbt und die sich vereinzelnen, hat MÜLLER-THURGAU (6) eingehendere Untersuchungen angestellt, bei denen sich ergab, daß dabei der Gehalt des Saftes an freier Säure außerordentlich stark abnimmt und der Gerbstoff vollständig aus dem Safte verschwindet. Vielfach fand MÜLLER geringe Mengen Alkohol im Safte, stets aber bedeutend weniger als bei Pilzfäule. In teigen Birnen fand er 0,11 g Alkohol auf 100 ccm Saft, während die Menge in von *Rhizopus nigricans* befallenen Birnen 0,96—1,77 g, in einer durch *Mucor pyriformis* gefaulten Birne sogar 2,5 g und in einem penicilliumfaulen Apfel 0,7 g betrug. Die Alkoholbildung dürfte auf intramolekulare Atmung zurückzuführen sein. Ferner wurde stets Milchsäure im Saft teiger Birnen gefunden (0,028—0,051 Proz.). MANARESI und TONAGUTTI (1) bestätigen neuerdings das Verschwinden von Säure und Gerbstoff beim Teigwerden. Zur Weinbereitung eignen sich nach MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) teige Birnen recht schlecht, weil einmal die Epiphytenflora der Früchte während des Teigwerdens sich durch unverhältnismäßig viel stärkere Vermehrung der Apiculatushefe und der Bakterien gegenüber der echten Hefe ungünstig verändert, und weil ferner beim Teigwerden in den Birnen gärungs-

hemmende Stoffe entstehen. Durch Zusammenwirken der von den Schädlingen der Gärung gebildeten Stoffwechselprodukte und der gärungshemmenden Bestandteile der Birnen wird die vollständige Vergärung der Säfte teiger Früchte verhindert, und der Mangel an Säure und Gerbstoff in den Früchten begünstigt das Auftreten von Milchsäure-, Essigsäure-, Mannit- und anderen Gärungen in den Weinen, wodurch deren Qualität außerordentlich leidet. Aehnliche Mißstände beobachtete MEISSNER (1) beim Vermosten erfrorener Birnen.

§ 91. Botrytis und die Rohfäule der Weintrauben.

Der typische Fäulnispilz der Traubenbeeren ist die schon an zahlreichen Stellen dieses Handbuches erwähnte *Botrytis cinerea* (PERS.), deutsch Traubenschimmel genannt. Der Pilz, der nach allgemeiner Annahme übrigens auf Pflanzenteilen der verschiedensten Art vorkommt, scheint sich mit Vorliebe und ganz besonders regelmäßig auf Trauben und Rebteilen einzufinden. Daß *Botrytis* sich auch unter den Früchten nicht auf die Traubenbeeren beschränkt, ist schon im 3. Kapitel dieses Bandes (S. 36 u. f.) gezeigt worden. Den dortigen Angaben sei noch nachgetragen, daß SCHNEIDER-ORELLI (2) an von Kommaschildläusen befallenen Birnen den Pilz die Stichkanäle als Eingangspforten benutzen sah, und daß BEHRENS (4), WULFF (1) und SALMON (1) die *Botrytis* als Fäulniserreger an Stachelbeeren, aber auch als Parasiten an Blättern und Rinde der Triebe beobachteten. Der Befall des aufbewahrten Gemüses durch *Botrytis* ist auf S. 357 des Zweiten Bandes erwähnt. Sie wird besonders an Zwiebeln und an Kohl- und Wasserrüben beobachtet; vergl. darüber POTTER (1). Ueber *Botrytis* auf Tabak findet man Näheres auf S. 4 u. f. Ob es sich in allen diesen Fällen sowie bei den von BEHRENS (1), WEHMER (1 u. 2), KISSLING (1), R. E. SMITH (2) usw. beobachteten und in den Handbüchern der Pflanzenkrankheiten, z. B. denen von FRANK (1) und von SORAUER (1), genannten *Botrytis*-Vorkommen immer um dieselbe Species *Botrytis cinerea* PERS. (= *B. vulgaris* FRES., *B. acinorum* VON THÜMEN) handelt, ist freilich nicht ganz sicher. Nach KLEBAHN (1, 2, 3) ist die *Botrytis* der Speisezwiebeln sicher verschieden von der *Botrytis parasitica* CAV. der Tulpen, und auch bei anderen *Botrytis*-Vorkommen ließen sich zwar keine scharf faßbaren morphologischen Unterschiede, wohl aber Verschiedenheiten im Verhalten gegenüber verschiedenen Pflanzen feststellen. Eine auf *Astilbe japonica* parasitische *Botrytis* konnte KLEBAHN (2) auf lebende Rebenblätter übertragen. Eine umfassende Bearbeitung möglichst zahlreicher verschiedener *Botrytis*-Vorkommen wäre dringend zu wünschen.

Botrytis cinerea ist auf den verschiedensten Rebteilen beobachtet worden, sowohl im Gewächshause wie im freien Rebberge. Zusammenstellungen darüber bringt besonders das Handbuch der Rebenkrankheiten von VIALA (1) und die Monographie der Graufäule der Reben von ISTVÁNFFI (2). Ueber Schädigungen der Reben in Rheinhessen im Jahre 1908 berichtet unter Heranziehung älterer Literatur FR. MUTH (1). Für gewöhnlich tritt der Pilz erst im Herbst, begünstigt von der größeren Luftfeuchtigkeit dieser Jahreszeit, an den absterbenden und abgefallenen Blättern massenhaft auf. Die in dem grauen Schimmelrasen gebildeten ovalen Konidien werden, wie bereits auf S. 468 des Ersten Bandes ausgeführt ist, durch hygroskopische Torsionen der 1—2 mm langen Träger

abgeschleudert und durch den Wind verbreitet. Die *Fig. 2* unserer *Tafel I* gibt ein Büschel der Konidienträger bei schwacher, *Fig. 3* einen einzelnen Träger bei stärkerer Vergrößerung wieder. Vereinzelt findet sich der Pilz bei geeignetem Wetter auch während des Sommers 5 stets an den Reben, und bei entsprechender Witterung vermag er auch zu dieser Jahreszeit schon größere Verbreitung anzunehmen. Die Konidien keimen bereits im Wasser (s. Bd. I, S. 340, 342. 486) und vermögen, wie NORDHAUSEN (1) gezeigt hat, durch zartere Zellwände ihren Keimschlauch unmittelbar chemotropisch in das Gewebe hineinzusenden, 10 wenn nur die Wassertropfen, in denen die Keimung erfolgt, nicht so groß sind, so daß das von den Keimlingen gebildete Gift zu sehr verdünnt wird. Ueber die Bildung eines gegen Siedehitze resistenten Zellgiftes durch *Botrytis* sowie durch *Sclerotinia Libertiana* vergleiche man die Arbeiten von A. DE BARY (3), KISSLING (1), M. WARD (1) und 15 BEHRENS (2) sowie S. 55 und Bd. I, S. 278, 331 u. 510. Auch ein die Zellwände ganz oder teilweise auflösendes Enzym wird ja von dem Pilze gebildet; man vergleiche darüber S. 55 und Bd. III. S. 263 u. f. Freilich muß es nach H. C. SCHELLENBERG's Untersuchungen (1) zweifelhaft bleiben, ob BEHRENS' (2) inzwischen von RUHLAND (1) bestätigte 20 Beobachtung, daß der Pilz Filtrierpapier teilweise zerstört, für eine Befähigung des Pilzes zur Auflösung von Cellulose beweisend ist. Baumwolle greift er nach SCHELLENBERG nicht an, wohl aber Hemicellulosen, und die „Cellulose“ des Filtrierpapiers dürfte zum Teil nicht mehr Cellulose, sondern zu Oxycellulose u. dergl. verändert sein. Ueber die 25 Befähigung der *Botrytis* zur Lösung von Mittellamellen vergleiche man S. 55 des vorliegenden und S. 276 und 281 des Dritten Bandes.

Von Wunden oder von befallenem toten Material aus, in diesem Fall mit Hilfe der gebildeten Appressorien (s. Bd. I. S. 463), des ausgeschiedenen Giftes und der zellwandlockernden Enzyme, geleitet von dem 30 außerordentlich ausgebildeten Chemotropismus (s. Bd. I. S. 470 u. f.), ist das Eindringen des Hemisaprophyten noch viel leichter. Geschwächte Pflanzenteile fallen dem Pilz, der auf S. 364 des Zweiten Bandes geradezu als ausgeprägter Schwächeparasit bezeichnet wurde, besonders leicht zum Opfer; nach C. H. BROOKS (3) gelingt es wenigstens erst dann, 35 lebende *Lactuca*-Blätter durch Bestäuben mit Konidien zu infizieren, wenn sie den Höhepunkt ihres Daseins überschritten haben und eben anfangen zu vergilben, oder wenn sie einige Tage vor der Infektion im Dunkeln gehalten waren, während noch wachsende und normal gehaltene Blätter solchen Infektionen durchaus nicht erliegen. Ueber den Chemo- 40 tropismus von *Botrytis* und anderen Fäulniserregern hat FULTON (1) neue Untersuchungen veröffentlicht.

Nach einiger Zeit schreitet das Mycel des Pilzes dann ziemlich regelmäßig zur Bildung von Dauerzuständen, sogen. Sklerotien (s. Bd. I, S. 178). Stellenweise entstehen durch reichliche Wucherung und dichte 45 Verflechtung von Mycelfäden dichte knollenähnliche Körper, zunächst weiß, später sich oberflächlich schwarz färbend. Je nach den Umständen ist ihre Gestalt mehr oder weniger kugelig, unregelmäßig plattenförmig, langgestreckt oder schwielenförmig. Besonders auf den abgefallenen Blättern finden sich vielfach schwarze harte Schwielen oder Krusten. 50 Das durch Verflechtung der Mycelfäden entstandene Pseudoparenchym schließt bald Teile (Zellen) des Substrates (Blattes) ein, bald nicht. Durchschneidet man ein Sklerotium, so findet man ein weißes Innere, ein intercellularenfreies Mark, dessen Elemente noch durch ihre lang-

gestreckte Fadenform die Entstehung aus Pilzfäden andeuten, umgeben von einer kleinzelligen mehrschichtigen Rinde mit dunklen Wänden. Die Membranen der das Mark bildenden Pilzfäden sind sehr stark verdickt; die Membransubstanz ist Reservestoff, der bei der Keimung dieser Dauerorgane aufgelöst wird. Als man noch die Sklerotien für selbständige Pilze hielt, unterschied man die verschiedenen Formen als Arten: *Sclerotium uvae* DESM., *Scl. vitis* PEYL, *Scl. echinatum* FUCK. (stachelig, wenn die Haare der Blätter in die Sklerotiumbildung einbezogen sind), *Scl. durum*, *Scl. pustula*, *Scl. varium* usw. Nach REIDEMEISTER (1), der die Bedingungen der Sklerotienbildung in Reinkulturen untersucht hat, steht die Sklerotienbildung in einer gewissen Korrelation zur Bildung von Konidien, insofern erstere um so spärlicher ist, je reichlicher die letztere vor sich geht. REIDEMEISTER bestätigt den schon auf S. 454 des Ersten Bandes erwähnten Einfluß des Lichtes auf die Konidienbildung, deren Ausgiebigkeit auch von der Möglichkeit energischer Transpiration wesentlich abhängt.

Im Frühjahr entstehen, beim Vorhandensein genügender Wärme und Feuchtigkeit, auf den überwinterten Sklerotien auf Kosten der in ihnen enthaltenen Reservestoffe meist wieder Konidienträger und an diesen Konidien derselben Form wie im Vorjahr. Nach A. DE BARY (1 u. 2) sproßt dabei in der Regel ein Hyphenbündel aus der peripherischen Markregion aus, das nach Durchbrechung der Rinde sich in einzelne Hyphen auflöst, die zu den Konidienträgern werden. Indessen kommt es auch vor, daß Rindenzellen unmittelbar zu Konidienträgern auswachsen. In anderen Fällen aber entwickeln sich, wie A. DE BARY (1 u. 2) zuerst beschrieb, die aus dem Mark hervorsprossenden Hyphenbündel auch weiterhin geschlossen und erzeugen Becherfrüchte, Apothecien, ähnlich den auf S. 354 des Zweiten Bandes abgebildeten Apothecien der *Sclerotinia Libertiana*, nur kleiner als diese. In den reifen Scheibenfrüchten findet man die Sporen zu je acht in den Asken, die nach der Reife der Sporen an der Spitze aufreißen und die Sporen ausschleudern. Die Zahl der von einem Sklerotium erzeugten Apothecien ist je nach der Größe der Sklerotien verschieden und schwankt zwischen 1 und 4. Die Stiele können mehrere Millimeter lang werden, während die Breite der Scheiben 0.5—3 mm, selten mehr, beträgt. Bei Aussaat der Konidien auf die verschiedensten Nährböden erhielt A. DE BARY (2) allerdings so gut wie ausschließlich Sklerotien und Konidienträger, bei Aussaat der Askosporen nur Sklerotien. BREFELD (1) gelang es nicht, aus den Sklerotien von *Botrytis* Apothecien zu ziehen, und er bezweifelt daher die Zusammengehörigkeit beider. Indes bildet ISTVÁNFFI (2) neuerdings zahlreiche Apothecien ab, welche aus den schwielenförmigen Sklerotien auf Rebenblättern erwachsen sind, so daß der Zusammenhang beider Fruchtformen und damit die Zugehörigkeit von *Botrytis* in den Formenkreis einer *Sclerotinia* (*Scl. Fuckeliana* DE BARY) doch äußerst wahrscheinlich sein dürfte. Auch das physiologische und biologische Verhalten von *Botrytis* deutet darauf hin, sofern es dem der *Sclerotinia Libertiana* äußerst ähnlich ist. Irgend eine wesentliche Rolle spielen allerdings die Apothecien im Leben der *Sclerotinia Fuckeliana* nicht, da die Verbreitung ebensowohl, wenn nicht besser, durch die Konidien gesichert ist, welche in immer wieder durchwachsenen vollen Trauben an den überaus zahlreichen Trägern gebildet werden.

Damit ist der Entwickelungskreislauf des Pilzes erschöpft, dessen Ernährungsansprüche H. COLIN (1) neuerdings eingehender

studiert hat. Weitere Angaben über den Pilz findet man zerstreut in den fünf Bänden dieses Handbuches.

Es ist schon auf S. 365 aufmerksam gemacht worden, daß der Pilz. ein ausgeprägter Hemisaprophyt, der seine Entwickelung in der Regel 5 als Parasit lebender Pflanzenteile beginnt und als Saprophyt an den von ihm selbst getöteten Teilen abschließt, keineswegs auf bestimmte Organe des Rebstocks beschränkt ist. Hier interessiert uns in erster Linie der Befall derjenigen Teile, welche das Rohmaterial der Weinbereitung darstellen. Müller-Thurgau (1) zeigte, daß *Botrytis* schon 10 als Schädiger der ganz jungen Beeren der Rebe auftreten kann. Die Gefahr und die Häufigkeit des Befalls wird um so größer, je mehr sich die Beeren der Reife nähern. Beeren, die in unreifem Zustande durch *Botrytis* befallen und faul geworden sind, bezeichnet man als rohfaul, sauerfaul, naßfaul, hier und da auch als mastfaul, grünfaul, 15 während man solche Beeren, welche erst in vollreifem Zustande befallen sind, in gewissen Weinbaugebieten als edelfaul bezeichnet. Aus einem später zu erörternden Grunde ist der Begriff der Edelfäule von vornherein auf weiße Traubensorten beschränkt. Beide Arten der Fäulnis aber werden, wie Müller-Thurgau (2) in einer grundlegenden 20 Arbeit gezeigt hat, in gleicher Weise durch die eingangs dieses Paragraphen beschriebene *Botrytis cinerea* hervorgerufen. Hier werden wir zunächst die **Rohfäule** der Trauben besprechen.

An einer gesunden noch nicht reifen Traube sind die einzelnen Beeren im allgemeinen durch ihre relativ dicke Haut gut geschützt 25 gegen das Eindringen der *Botrytis*, deren Sporen nach Ravaz (1) auf keinem Rebblatt, voraussichtlich also auch wohl auf keiner Beere fehlen, und nur wo die Haut verletzt ist, da öffnet sich dem Pilz eine Eingangspforte. Hagelschlag, auch leichterer Natur, ferner *Oidium*-Befall, der zum Aufspringen der Traubenbeeren führt, und ganz besonders die 30 Fraß- und Bohrstellen der tierischen Beerenfeinde, insbesondere der „Sauerwürmer", der zu den Motten *Polychrosis botrana* S. V. und *Conchylis ambiguella* Hb. gehörigen Raupen, sind die hauptsächlichsten Gelegenheitsmacher für den Rohfäulepilz. Ueber diese Feinde vergleiche man das schon genannte Handbuch der Rebenkrankheiten 35 von P. Viala (1) und die neuere Zusammenstellung von Rübsaamen (1). In den Wunden finden die durch Wind und Insekten herbeigeführten Sporen ein günstiges Keimbett, von dem aus der Pilz das gesunde Beerenfleisch durchwuchert. Von der einmal ergriffenen Beere einer Traube wächst das Mycel bei genügend feuchter Witterung auf die be- 40 nachbarten Beeren derselben Traube hinüber, und hier bedarf es dann keiner besonderen Eingangspforte mehr: Das kräftige Mycel bricht sich mit Hilfe der von ihm gebildeten Appressorien und der ausgeschiedenen zellwandlockernden Enzyme und Plasmagifte auch ohnedies Bahn durch die Epidermis hindurch. Das Mycel befällt von den faulen Beeren aus 45 gelegentlich auch den Traubenstiel, der an der ergriffenen Stelle faul und morsch wird und schließlich reißt, so daß der über der ergriffenen Stelle befindliche Teil der Traube zu Boden fällt. Diese in der Rheinpfalz als „Wolf" bezeichnete Erscheinung beschreibt Laborde (2) aus der Gironde.

50 Unter den üblen Folgen der Rohfäule, die Wortmann (1) in seiner Schilderung der im Herbst 1901 vielfach am Rhein aufgetretenen Schädigungen näher beschreibt, steht voran die Einbuße an Quantität. Die unreif ergriffenen Beeren wachsen nicht mehr; der Pilz verzehrt

einen mehr oder weniger großen Teil der wertvollen Mostbestandteile. Der Mostgehalt verringert sich durch die Verdunstung, die infolge des Absterbens der Oberhaut weit größer ist als in gesunden Beeren, während ein voller Ersatz des verdunsteten Wassers nicht stattfindet, weil die faulen Beeren ja tot sind. In dem von WORTMANN untersuchten 5 Falle war die Mostausbeute der rohfaulen Beeren, auf Gewicht berechnet, um 28,2 Proz. geringer als bei den gesunden Beeren; auf Zahl berechnet, würde der Verlust sicher noch viel größer erscheinen. MUNTZ (1), dessen Ergebnisse auch in einem Aufsatze von MOLZ (1) über die Rohfäule referiert sind, fand im Jahre 1900 im Département des Pyrénées Orien- 10 tales das Durchschnittsgewicht der Beeren zu Anfang der Fäulnis, also noch im gesunden Zustande, zu 1,96 g, nach viertägiger Dauer der Fäulnis zu 1,43 g und nach achttägigem Befall zu 1,12 g, und die Traubenernte, pro ha berechnet, sowie die Mostergiebigkeit betrugen:

Ernte in der Zeit vom:	kg Trauben	hl Wein	100 kg Trauben gaben l Wein
24. bis 30. September	14 900	106,35	71
1. bis 7. Oktober	11 800	79,09	67
8. bis 14. Oktober	9 800	62,00	63

Aus dem Umstande, daß der Alkohol- und Säuregehalt der erzielten 15 Weine ziemlich gleich hoch war, erhellt ohne weiteres, in wie hohem Maße der Pilz Zucker und Säure verzehrt hat. Der Gerbstoff und ebenso der Farbstoff der roten Trauben werden fast vollständig zerstört. Es hatten gleich konzentrierte Auszüge von gesunden Beeren eine rotbraune Farbe von der Intensität 10, von Beeren im Anfangsstadium der 20 Fäulnis eine bräunliche Farbe von der Intensität 7 und von stärker gefaulten Trauben eine gelbliche Färbung von der Intensität 4. Während die Haut gesunder Beeren der Sorte Carignan 1,9 Proz. Gerbstoff enthielt, wurden in der Haut fauler Beeren nur 0,4 Proz. gefunden. Nach COUDON und PACOTTET (1) gaben die Häute gefaulter Beeren der Sorte 25 Black Alicante an eine verdünnte Weinsäurelösung überhaupt keinen Farbstoff oder Gerbstoff ab. Bei Untersuchung von Häuten gesunder, wenig und stärker botrytisfauler Beeren aus derselben Traube ergab sich ein Gerbstoffverlust von 15—17,5 Prozent. Durch diese Untersuchungen werden nicht nur die Erfahrungen der Praxis, sondern auch die Er- 30 gebnisse exakter Versuche LABORDE's (1) bestätigt, nach denen unter dem Einfluß von *Botrytis* in Reinkultur auf sterilisierten roten Trauben der Farbstoff so verändert wurde, daß er sich bei nachträglicher Vergärung der verpilzten Maische nicht mehr löste. Infolge der gesteigerten Verdunstung durch die tote Haut ist erfahrungsgemäß der Aschengehalt 35 in Mosten aus faulen Beeren meist höher als in Mosten aus gesunden Beeren; man vergleiche darüber u. a. WINDISCH (1) und BEHRENS (3). Nach LABORDE (1) und PACOTTET (2) scheidet *Botrytis* auch in Wasser sich schleimig lösende Stoffe aus, so daß sie den Wein direkt zähe machen kann. Mit den faulen Trauben werden aber nicht nur Botrytis-Teile in 40 den Most und Jungwein eingeführt, sondern, worauf im vorigen Kapitel bereits hingewiesen ist, auch zahlreiche im Most und Wein entwickelungsfähige Mikroorganismen, die auf den faulenden, stets feuchten Beerenhäuten Nährstoffe und damit Gelegenheit zur Vermehrung finden. Unter ihnen sind die meisten unmittelbare Schädlinge des Weines. WORTMANN 45

macht darauf aufmerksam, daß der Trub von Jungweinen, zu deren Bereitung viele rohfaule Beeren verwendet werden, bei mikroskopischer Betrachtung sich als besonders unrein zu erweisen pflegt. Die Gefahr unreiner Gör, wenn nicht gar krankhafter Gärungen, liegt daher bei 5 Verwendung rohfauler Trauben sehr nahe. Auf die Rolle, welche die Botrytisfäule als Ursache des Bitterwerdens der Rotweine spielt, wird in einem späteren Kapitel eingegangen werden. Bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Botrytisfäule und dem Rahnwerden (Braunwerden) der Weine sei außerdem auf S. 681 des Ersten Bandes ver- 10 wiesen. Auf die Gärungshemmung durch *Botrytis* wird im folgenden Paragraphen zurückzukommen sein. Hier sei nur im Vorbeigehen erwähnt, daß nach Küster (1) durch *Botrytis* auch die Entwickelung von *Mucor* gehemmt, daß aber durch Aufkochen der Nährlösung die Hemmung aufgehoben wird. Auch auf die Glycerinbildung durch *Botrytis* wird 15 noch im folgenden Paragraphen (S. 374) einzugehen sein.

Ratschläge zur Vermeidung der üblen Folgen der Botrytis-Rohfäule für den Wein geben u. a. Sémichon (1), Kayser und Regnier (1), Wortmann (1), Molz (1), sowie die Handbücher der Weinbereitung. Sie gipfeln in der Veranstaltung von Vorlesen, in der möglichst sorgfältigen 20 Aussonderung der rohfaulen Beeren, in beschleunigtem Abpressen der Maische, Vergären unter Zusatz von guter Reinhefe, frühem ersten Ablassen unter tunlichster Beschränkung des Luftzutritts und stärkerem Einbrennen mit Schwefel.

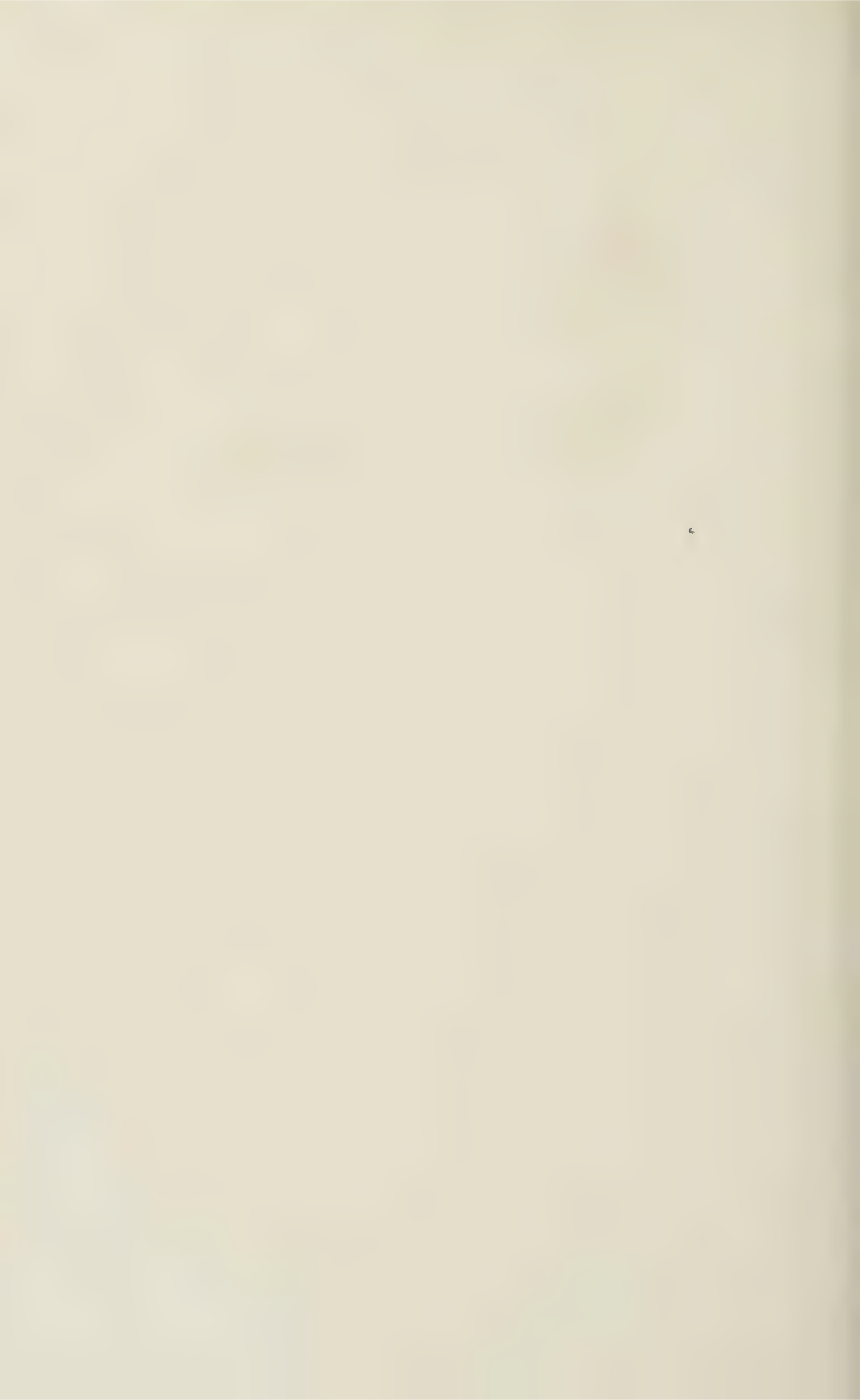
Die Mittel, die Rohfäule tunlichst einzuschränken, hat 25 Istvánffi (3) für den Achten Internationalen Landwirtschaftlichen Kongreß zusammengestellt. Meist handelt es sich um vorbeugende Maßregeln. Da größere Luftfeuchtigkeit und längere Gegenwart von Wasser auf den Trauben die Ansteckung erst ermöglicht oder doch erleichtert, so ist durch entsprechende Erziehung und Laubbehandlung der Reben 30 dafür zu sorgen, daß Licht und Luft auch ins Innere der Stöcke eindringen können. Bisset (1) weist auf die Rolle hin, welche die Reihenentfernung (Pflanzweite) der Reben dabei spielt. Durch entsprechende Erziehung ist dafür zu sorgen, daß die Trauben tunlichst sämtlich in nahezu gleicher Entfernung vom Boden hängen; nur so ist gleichzeitige 35 und gleichmäßige Reife zu erreichen und zu verhüten, daß die dem Boden näheren Trauben bereits faulen, wenn die höher stehenden noch nicht reif sind. Auch trocknen die unmittelbar am Boden hängenden Trauben naturgemäß besonders langsam ab, von der Möglichkeit der Ansteckung von am Boden auf toten Blättern usw. sich findenden 40 *Botrytis*-Vegetationen ganz abgesehen. Capus (4) betont daher mit Recht die Wichtigkeit frühzeitigen Aufbindens der Triebe. Auf die Vermeidung unnötig starker, den Holzwuchs gar zu sehr fördernder Stickstoffdüngungen legt Wortmann (1) besonderen Wert. Wie sehr Stickstoff mittelbar die Traubenfäule fördert, dafür geben u. a. die Erfahrungen und 45 Mitteilungen H. Schellenberg's (1) und Perrier de la Bathie's (1) Belege. Capus (2) und Total (1) empfehlen sogar Freistellen der Trauben durch zweckentsprechende Entfernung von Blättern, wodurch allerdings auch nach Behrens' Erfahrungen (3) der *Botrytis*-Befall vermindert wird; da die Traubenwicklermotten mit Vorliebe beschattete 50 Trauben zur Eiablage aufsuchen, so wird durch das jedenfalls nur mit äußerster Vorsicht vorzunehmende, vielleicht nur im Süden nicht mit Schaden für die Qualität des Produktes verbundene Entfernen von Blättern auch die Zahl der ersten Eingangspforten für den Pilz ver-

mindert. Selbstverständlich müssen überhaupt die z. T. oben genannten, von Pacottet (1) aufgezählten Schädlinge der Rebe, welche den *Botrytis*-Befall vorbereiten, mit zweckentsprechenden Mitteln bekämpft werden. Nach Laborde (3) verspricht nur das Entfernen verletzter Beeren durch Vorlesen und das Freistellen der Trauben durch Entblättern einen Er- 5 folg. In Betracht kann ferner als dem Rohfäuleschaden besonders vorbeugend, wo es angängig ist, der Anbau resistenter, insbesondere durch lockere Trauben mit schütterem Beerenansatz ausgezeichneter Sorten kommen, bei denen der Pilz nicht so leicht und unmittelbar von Beere zu Beere hinüberwachsen kann: man vergleiche darüber Ravaz (1). 10 Goutay (1 u. 2) macht nähere Angaben über die Resistenz verschiedener Sorten nach Beobachtungen im Jahre 1900. Auch Muth (1) berichtet über verschiedenen Befall der Sorten.

Von direkten Bekämpfungsmitteln seien hier nur genannt das von Istvánffi (2 u. 3) empfohlene Bestäuben der befallenen Trauben 15 mit Natriumbisulfit enthaltenden Pulvern und das von Chef-de-bien (1 u. 2) angegebene Gemenge von Sulfostéatite cuprique und Aluminiumsulfat, das dem von Baretto (1) empfohlenen Mittel ähnlich ist. Schon Pacottet (2) verwandte Spritzungen mit Lösungen von Schwefligsäure bezw. Bisulfiten; Guillon (1) spritzte mit einer Mischung von Kalk 20 und Aluminiumsulfat, wobei aber gleichzeitig die Trauben durch Wegnahme von Blättern frei gestellt wurden. Näheres über allerlei direkte Bekämpfungsmittel findet man bei Ravaz und Gouirand (1). Nach Istvánffi (2) erweist sich die Trockenheit als größter Feind der Botrytissporen, sofern gekeimte Sporen schon nach ganz kurzem Aus- 25 trocknen sicher absterben und auch die ungekeimten Sporen nach wenigen Tagen der Trockenheit größtenteils erliegen. Bestäubungen mit einem Gemisch von Natriumbisulfit und Tonerde (1 : 9) empfiehlt auch Istvánffi besonders nach Hagelschäden. Kupferhaltige Brühen haben sich nicht bewährt. Guillon und Gouirand (1) versprechen sich 30 Erfolge von der Anwendung von Quecksilberchlorid im Gemisch mit Kalk, gestützt auf Versuche mit reinen Quecksilbersalzen. Bouchardat (1) empfiehlt Spritzungen mit ammoniakalischer Silberchloridlösung. Muth (2) fand Spritzungen mit dreiprozentiger Schmierseifenlösung äußerst wirksam gegen *Botrytis*-Befall der Trauben. Vergleichende Untersuchungen 35 über Wirkung verschiedener Fungicide auf den Botrytisbefall findet man bei Guillon (2) in seinen Untersuchungen über die Traubenfäule durch *Botrytis*. Im übrigen sei bezüglich des Verhaltens von *Botrytis* gegenüber Giften auf S. 488 u. f. des Ersten Bandes sowie auf die Untersuchungen von Brooks (1) über die Giftwirkung von Schwefel- und 40 Salpetersäure sowie Kupfervitriol auf verschiedene Schimmelpilze, darunter auch *Botrytis*, verwiesen.

§ 92. Die Edelfäule.

Als Edelfäule haben wir mit Müller-Thurgau (2) die Botrytisfäule der reifen Traubenbeeren bezeichnet. Es muß indes hervor- 45 gehoben werden, daß eine scharfe Trennung der Edelfäule von der Rohfäule damit nicht gegeben ist, schon weil der Begriff „Reife“ nicht scharf zu fassen und daher schwankend ist. Das Charakteristikum der Edelfäule ist das Bestehen der Möglichkeit, daß infolge des Pilzbefalls das Produkt der Traube, der Wein, qualitativ besser wird. Diese Möglich- 50



Schon NEUBAUER (1) hatte allerdings gezeigt, daß mit dem Fortschreiten der Edelfäule der absolute Gehalt des Beerensaftes an Säure sich in viel stärkerem Maße verringert als der Gehalt an Zucker. MÜLLER-THURGAU aber zeigte, wie diese Veränderungen unmittelbar durch den Stoffwechsel der *Botrytis* herbeigeführt werden. Er setzte eine Reihe von Reinkulturen der *Botrytis* in Traubenmost derselben Zusammensetzung an und untersuchte in kurzen Zwischenräumen den Gehalt der Kulturen an Zucker, Säure und Stickstoff mit dem in der nachfolgenden Tabelle verzeichneten Ergebnis:

Gehalt des Mostes an	Zu Versuchsbeginn	Nach 15 Tagen	Nach 18 Tagen	Nach 21 Tagen	Nach 24 Tagen
Zucker, Prozent	17,2	16,7	13,8	12,2	11,6
Säure, Promille	13,4	8,4	4,7	2,4	1,9
Stickstoff, Promille . . .	0,57	0,35	0,22	0,11	0,10

Man sieht, wie der Pilz die Säure und den Stickstoff verhältnismäßig viel stärker verbraucht als den Zucker, und da bei trockener Witterung die edelfaulen Beeren viel Wasser verdunsten, so muß der prozentische Gehalt des Beerensaftes an Zucker im Verhältnis viel rascher ansteigen als der an Säure. In einem näher untersuchten Falle enthielten je 100 ccm Most:

	Zucker g	Säure (als Weinsäure berechnet) g
aus reifen Beeren	18,2	0,69
„ edelfaulen Beeren	20,6	0,71
„ „ Rosinen	33,5	1,05

Die Veredelung des Beerensaftes ist unverkennbar. Bei seinem Zuckerverbrauch bevorzugt der Pilz von den beiden in der Traube vorhandenen Zuckerarten, d-Glucose und d-Fructose, die erstere, und so erklärt sich das Vorwalten von d-Fructose in Mosten aus edelfaulen Trauben. Von den Säuren des Traubensaftes dürfte, wie schon MÜLLER-THURGAU vermutete, nach BEHRENS' (2) Versuchen in erster Linie die Weinsäure angegriffen werden; wenigstens verzehrte der Pilz in mit verschiedenen organischen Säuren in äquivalenten Mengen versetzten, sonst gleichen zuckerhaltigen künstlichen Nährlösungen die Weinsäure sehr schnell, während die Aepfelsäure- und die Citronensäure-Kulturen ihren Titer weniger bezw. kaum änderten.

In einem gewissen Gegensatze zu dem hohen Zuckergehalte der Auslesemoste steht der im allgemeinen relativ niedrige Alkoholgehalt der Ausleseweine. Die Gärung hört schon bei Alkoholgehalten auf, die sonst in Mosten aus normalen Trauben keineswegs den Fortgang der Gärung stören, und unverhältnismäßig große Zuckermengen verbleiben im Wein, der aber infolgedessen auch ständig der Gefahr des Eintritts von Nachgärungen ausgesetzt ist und, wie BASSERMANN (1) mit Recht beklagt, der Erziehung zur Flaschenreife große Schwierigkeiten macht. MÜLLER-THURGAU fand in verschiedenen deutschen Ausleseweinen folgende Mengen an Alkohol und Zucker pro 100 ccm:

	Alkohol g	Zucker g
Schloß Johannisberg (1862)	9,5	10,0
Forster Kirchenstück (1852)	9,2	6,4
Deidesheimer Hofstück (1859) . . .	8,2	13,2

Auch die Hauptgärung selbst verläuft schleppend, und das alles selbst in Weinen, in denen die Konzentration des Mostes keineswegs groß genug ist, um als Hemmnis der Hefentätigkeit in Betracht zu kommen. MÜLLER-THURGAU und, ihm folgend, SAUVAGEAU (1) machen 5 dafür den Mangel an Stickstoff verantwortlich, den *Botrytis* dem Moste entnimmt, in ihrer Leibessubstanz festlegt und zum Teil (s. Bd. III, S. 426) sogar mit und in den Sporen verwehen läßt. WINDISCH (2) zeigte, daß das auch bei der Rohfäule der Fall ist. Daneben denken KAYSER und REGNIER (1) auch an eine spezifische Giftwirkung der *Botrytis*, eine 10 Vermutung, die auch KULISCH (1) äußerte, deren Richtigkeit aber erst BEHRENS (2) experimentell nachwies. Es dürfte sich um dasselbe Gift handeln, mit Hilfe dessen *Botrytis* bei parasitischem Auftreten die Gewebselemente seiner Wirtspflanzen tötet.

LABORDE (4) bestätigte die Beobachtung MÜLLER's, daß die Edel- 15 fäule auch den Glyceringehalt des Weines erhöht. Als er reife Beeren, edelfaule Beeren und edelfaule Rosinen gesondert preßte und die erhaltenen Moste für sich vergären ließ, fand er in den entstandenen Weinen auf 100 ccm folgende Mengen Glycerin und folgendes Verhältnis von Glycerin zu vergorenem Zucker:

Im Wein von:	Glycerin g in 100 ccm		Verhältnis (x) von Glycerin zu vergorenem Zucker (x : 100)	
	I	II	I	II
reifen Beeren	0,768	0,716	3,3	3,2
edelfaulen Beeren . .	1,745	1,152	6,6	5,0
„ Rosinen . .	2,750	2,560	14,9	12,8

20 *Botrytis* bildet augenscheinlich selbst Glycerin.

Die vielleicht wichtigste Veränderung aber trifft das Bouquet des Weines bezw. der Traubensorte. Gerade die wertvollen bouquetgebenden Stoffe der Traubensorten, z. B. des Riesling, die sich nach MÜLLER-THURGAU (2) vornehmlich in den äußeren Zellschichten der Beere finden, 25 werden bei der Fäule größtenteils entweder durch den Pilz selbst oder infolge der erhöhten Sauerstoffzufuhr zerstört. An die Stelle des Sortenbouquets tritt aber um so mehr, je mehr dieses infolge der vollkommenen Edelfäule schwindet, am ausgesprochensten also bei den hochfeinen Rosinenauslesen, ein ganz eigenartiger lieblicher und süßer Duft, der an 30 echte Sherry- und Madeiraweine erinnert und von MÜLLER-THURGAU als „Sherrybouquet“ bezeichnet wird. Das Sherrybouquet, zusammen mit den der Zerstörung infolge der Fäulnis entgangenen Resten des Sortenbouquets, macht die Blume der Ausleseweine aus. Vielfach keltert man mit den edelfaulen Beeren und Rosinen zusammen auch gewisse Mengen gesunder 35 edelreifer Beeren, um der Blume der Auslese das Charakteristische der Sorte zu verleihen.

Nun sind aber keineswegs alle Traubensorten geeignet für die Edelfäule. Die Trauben vieler — der sogen. weichen — Sorten vertragen die Fäulnis von vornherein nicht gut, weil ihre an sich bereits zarte Haut 40 durch die Fäulnis sofort so gelockert werden würde, daß sie den Inhalt

gar zu leicht und bei der ersten Gelegenheit austreten ließe. Bei Rotweintrauben schließt die Zerstörung des Farbstoffs durch *Botrytis* die Edelfäule von vornherein aus. So ist es, neben der fast verschwundenen Sorte Orléans, im Rheingau nur der Riesling, welcher Auslesen liefert. An der Haardt ergibt neben ihm in manchen Jahren der Sylvaner Ausleseweine, und im Weinbaugebiet der Mosel, wo man den Riesling im Interesse der Erhaltung seines Sortenbouquets im allgemeinen durch hohe Erziehung und rechtzeitige Lese sorgfältig vor der Fäule und Edelfäule bewahrt, hat man nach Müller-Thurgau (2) gelegentlich am Elbling (Kleinberger) gute Erfolge der Edelfäule beobachtet. Nach Sauvageau (1) wird auch in Frankreich die Edelfäule nur an dickhäutigen derberen Traubensorten beobachtet, an Sauvignon, Sémillon und Muscadelle in Sauternes, am Chenin blanc oder Pinot blanc der Loire, im Coulée de Serrans oder der Rocheaux-Moines im Anjou.

Daß der Effekt der Edelfäule durchaus vom Wetter abhängig ist, geht bereits aus den vorhergehenden Darlegungen hervor. Die Voraussetzung des Gelingens ist Ausbleiben von Niederschlägen zur Zeit der Traubenreife bis zur Ernte, wobei aber durch nächtliche Nebel für genügende Feuchtigkeit gesorgt sein muß, um der *Botrytis* die Möglichkeit des Gedeihens zu geben. Nur wenn solche längere Perioden günstiger Witterung in den Monaten Oktober und November herrschen, kann man auf die Veredelung des Produktes durch die Botrytisfäule rechnen. Freilich muß auch dann die höhere Qualität mit dem Verzicht auf Quantität erkauft werden. Es ist ja klar, daß, abgesehen von anderweitigen Verlusten, die während des längeren Hängenlassens der Trauben eintreten, der für die Wirkung der Edelfäule so notwendige Wasserverlust des Traubensaftes, von dem Verzehr von Zucker und Säure durch den Pilz gar nicht zu reden, eine Verminderung der Mostausbeute um bis zur Hälfte der ursprünglich möglichen zur Folge haben muß. Nicht immer entspricht der Mehrerlös für eine Auslese den durch die unvermeidlichen Verluste erhöhten Produktionskosten. Dazu kommt aber die Ungewißheit des Gelingens: Ein einziger Regentag kann gar zu leicht die Hoffnung, die durch mehrere Wochen günstigsten Wetters genährt wurde, zerstören. Die edelfaulen Rosinen saugen sich bei stärkeren Niederschlägen wieder voll Wasser und werden ausgewaschen, so daß nachher nur noch die leeren Hülsen am Stock von vereitelten Hoffnungen Zeugnis ablegen. Nach Eintritt von Regenwetter wuchert ferner die *Botrytis* so lebhaft, daß der erhöhte Stoffverbrauch durch sie allein schon die Qualität wesentlich herabsetzen würde. In den Sauternes soll nach Capus (1) die Kellerfliege, *Drosophila funebris* Fabr., an den der Edelfäule überlassenen Trauben schwere Verluste hervorrufen, indem sie ihre Eier an die Beeren legt, in denen man nachher die Larven findet. Der Inhalt der befallenen Beeren schmeckt höchst unangenehm sauer und kann die Qualität der gesamten Ernte verderben. Die Veranstaltung von feinen und hochfeinen Beerenauslesen wird wegen der Einbuße an Quantität und wegen der Unsicherheit des Gelingens, wobei nicht weniger als alles aufs Spiel gesetzt wird, immer ein Sport einzelner bleiben, der aber in seiner Bedeutung für den Ruf des Weinbaugebietes nicht leicht überschätzt werden kann. Man vergleiche darüber Müller-Thurgau (2).

Der Eintritt der Edelfäule wird, sofern äußere Verhältnisse sie gestatten, natürlich in erster Linie durch alle Faktoren gefördert, welche das Reifen begünstigen, ferner aber durch viele jener Umstände, welche

auch der Rohfäule förderlich sind, und die wir im vorigen Paragraphen kurz betrachtet haben. Welche bedeutende Rolle man darunter der Beschattung der Trauben zumißt, erhellt daraus, daß SEUFFERHELD (1) der Rheingauer Sitte, mehrere (bis 3) Rieslingstöcke an die gleiche Pflanz-
5 stelle zu pflanzen, dem mehrschenkeligen Satze, vor dem einschenkeligen Satze (einer Pflanze pro Pflanzstelle) trotz seines höheren Ertrages den Vorzug gibt, weil bei mehrschenkeligem Satz die Edelfäule stärker auftrat.

§ 93. Andere Fäulniserscheinungen an Trauben.

Schon im vorhergehenden Kapitel (S. 353) ist darauf hingewiesen
10 worden, daß bereits der Saft der noch hängenden Beeren essigstichig werden kann. Eine eigentliche Essigfäule tritt nach MÜLLER-THURGAU (4) gelegentlich besonders an Rotweintrauben auf: Der Inhalt der befallenen rötlich verfärbten Beeren, die beutelartig geschrumpft zu sein pflegen, aber keine sichtbare Verletzung aufweisen, ist eine stark
15 nach Essigsäure riechende, an Stäbchenbakterien und Hefenzellen reiche Flüssigkeit. Nähere Untersuchungen fehlen. Vielleicht gehört auch die am Schluß des vorigen Paragraphen berührte, von CAPUS beobachtete Erscheinung hierher.

Ein eigenartiges Verderben der Traubenbeeren, das der deutsche
20 Weinbauer erst seit relativ kurzer Zeit zu fürchten gelernt hat, ruft der Befall durch die sonst an den Blättern regelmäßig auftretende *Plasmopara (Peronospora) viticola* (BERK. et CURTIS) BERL. et DE TONI hervor. Der Pilz, der die gefürchtete Blattfallkrankheit (s. S. 351) verursacht und alljährlich in regelmäßiger Wiederkehr durch Bespritzungen mit kupferhaltigen
25 Flüssigkeiten bekämpft wird, dringt auf noch unbekannten Wegen in die unreifen Traubenbeeren ein. Sind sie noch ganz jung, so bedecken sie sich bald mit den weißen Konidienträger-Rasen des Pilzes und fallen dann ab. Aeltere Beeren aber lassen die Bildung von Fruchtträgern nicht mehr zu; der Pilz bleibt vielmehr auf das Innere der Beeren be-
30 schränkt, und der Befall sowie der Tod des Beerenparenchyms wird nur dadurch äußerlich erkennbar, daß die Beeren bleifarbig werden und infolge des Wasserverlustes in eigenartiger Weise einschrumpfen, wobei die Haut sich in Längsfalten legt, so daß die Lederbeere, so nach dem Verhalten der Beerenhaut genannt, einem der früher üblichen Tabak-
35 beutel, einem oben zusammengeschnürten Säckchen, gleicht. Der Inhalt der Lederbeeren ist nach MÜLLER-THURGAU (4) fade und saftarm; meist fallen sie auch bald ab, so daß eine unmittelbare Beeinträchtigung der Qualität des Weines nicht sehr zu befürchten ist. Immerhin bleiben in dichten Trauben nach MÜLLER-THURGAU (5) die Lederbeeren vielfach
40 auch stecken, werden dann von allerlei Schimmelpilzen, besonders dem gleich zu betrachtenden grünen Pinselschimmel, besiedelt und können infolgedessen der Weinqualität sehr schaden. Im allgemeinen dürfte indes die Qualität durch die *Peronospora* der Blätter weit mehr beeinträchtigt werden, insofern infolge des von dem Pilz hervorgerufenen
45 krankhaften Zustandes und des vorzeitigen Abfallens des Laubes die Beeren zuckerarm bleiben. Ueber die Folgen des Peronospora-Befalls für den Wein vergleiche man KULISCH (3), der allerdings den höheren Stickstoffgehalt der Weine von peronosporakranken Reben, wie ihn MANCEAU (1) gefunden zu haben glaubte, nicht oder doch nur in sehr
50 engen Grenzen bestätigen konnte. Im übrigen sei wegen der *Plasmopara*

viticola auf die Handbücher der Pflanzenkrankheiten, insbesondere der Rebkrankheiten, verwiesen.

Der wie die *Plasmopara* von Amerika nach Europa eingeschleppte Mehltau der Reben, *Oidium Tuckeri* Berk., der (s. Bd. I, S. 211) mit Hilfe von Schwefelpulver bekämpft wird, befällt die unreifen Beeren 5 und bringt sie, indem er die Epidermis hindert, dem Wachstum der inneren Partien zu folgen, zum Aufspringen. Seine Schädigungen, welche die Wasserverdunstung fördern, haben nach Kulisch's (2) Erfahrungen zur Folge, daß der Saft der befallenen Beeren ein besonders hohes Mostgewicht hat. Indes entspricht diesem hohen Mostgewicht schon deshalb 10 keineswegs eine entsprechend gute Weinqualität, weil in den Spalten der befallenen Beeren sich die Schädlinge der Gärung, darunter auch der grüne Pinselschimmel, mit Vorliebe und besonders stark ansiedeln und vermehren. Die Gärung der unter Verwendung von oidiumkranken Beeren gewonnenen Moste begegnet daher auch besonderen Schwierigkeiten. 15

Nächst *Botrytis* ist ein grünes *Penicillium*, gemeiniglich als das inzwischen als Sammelart erkannte „*Penicillium glaucum*" bezeichnet, der häufigste und, wie hier gleich bemerkt werden mag, schlimmste Pilzbewohner der Trauben. Die Winzer bezeichnen nach Müller-Thurgau (2) die von *Penicillium* besiedelten Trauben als speckigfaul; hin und 20 wieder nennt man die Penicillium-Fäule nach der Farbe der Konidienlager auch Grünfäule, wohl zu unterscheiden von der von *Botrytis* hervorgerufenen, auch vielfach — wegen des Zustandes der befallenen Beeren — als Grünfäule bezeichneten Rohfäule der Trauben. Daß *Penicillium* eine primäre Fäulnis der Trauben hervorrufen kann, haben 25 Müller-Thurgau's Beobachtungen wohl sicher festgestellt. In manchen Jahren sah er ganz bedeutenden Schaden durch die Penicillium-Fäule, von der nicht nur verletzte, sondern auch äußerlich von den gesunden nicht verschiedene Beeren befallen waren; letztere ließen sich als penicilliumfaul nur durch ihre schmutzig-hellgrüne bis gelbliche Färbung 30 erkennen. Jedenfalls tritt die Penicillium-Fäule aber sehr häufig erst im Gefolge anderer Schädigungen der Traube ein, indem der Pilz sich erst auf den bereits toten Beeren und Beerenteilen ansiedelt. Nach Guillon (2) stellt sich *Penicillium* neben anderen Pilzen (*Aspergillus*, *Mucor* u. dgl.) gern im Gefolge des Rohfäulepilzes *Botrytis* ein, das Werk 35 der Zerstörung vollendend. Allgemeines über *Penicillium* findet man im 10. und 11. Kapitel des Vierten Bandes.

Das Verhalten des Pilzes zu Zucker und Säure des Traubensaftes hat Müller-Thurgau (2) sorgfältig untersucht. Dabei ergab sich, daß *Penicillium*, ganz im Gegensatz zu *Botrytis*, den Zucker in weit höherem 40 Maße und außerordentlich energisch angreift, die Säure dagegen schont. Ein Most, in dem *Botrytis* bezw. *Penicillium* durch 21 bezw. 19 Tage gewachsen war, würde sich unter der Annahme, daß er während dieser Zeit auf die Hälfte des ursprünglichen Volumens eingedunstet wäre, in folgender Weise verändert haben: 45

	Zucker Proz.	Säure Promille	Stickstoff Promille
Ursprünglicher Most	12,55	13,0	1,206
Botrytis-Kultur	18,52	9,3	1,024
Penicillium-Kultur	11,04	20,82	0,638

Man sieht deutlich, wie verderblich *Penicillium* wirkt. In bezug auf das Verhalten gegenüber Stickstoff gleicht es der *Botrytis*. Behrens (2)

zeigte, daß auch ein von ihm kultiviertes *Penicillium glaucum*, übereinstimmend mit Müller-Thurgau's Beobachtungen, in Aepfel-, Wein- oder Citronensäure enthaltenden Zuckerlösungen den Säuregehalt wenig oder gar nicht vermindert. Den Gerbstoff greift die Penicilliumfäule, wie Coudon und Pacottet (1) zeigten, noch energischer an als *Botrytis*. und ebenso wird der Rotweinfarbstoff von *Penicillium* zerstört. Von Wortmann (2) ist nachgewiesen worden, daß außer *Botrytis* auch *Penicillium glaucum* neben anderen Pilzen den Wein bitter machen kann. Es kommt diese Befähigung für die Praxis aber kaum in Betracht, da *Penicillium* an sich bereits so außerordentlich unangenehm schmeckende und riechende Stoffe bildet, daß es, wo immer es mit dem Material der Weinbereitung oder mit dem Wein selbst in Berührung kommt, ihm Schimmelgeschmack verleiht und damit die Qualität ganz außerordentlich herabdrückt. Deshalb müssen speckig-faule, überhaupt alle mit *Penicillium*-Rasen besetzten Beeren bei der Lese ebenso sorgfältig entfernt und verworfen werden wie die essigfaulen Beeren. Selbst der Cognac läßt nach Gouirand (1) die Penicilliumfäule vielfach noch spüren. Die Hemmung der Gärung durch *Penicillium* hat zuerst Müller-Thurgau (3) untersucht; da die Hemmung sich auch geltend machte, als der Penicilliumrasen aus dem Moste entfernt war, schloß er auf die Bildung gärungshemmender Gifte durch *Penicillium glaucum*. Behrens (2) bestätigte diese Ansicht experimentell, wobei sich das von ihm geprüfte *Penicillium glaucum* freilich als weniger gärungstörend erwies als *Botrytis*. Kayser und Regnier (1) denken in erster Linie an die Verarmung des Traubensaftes an Stickstoff durch die Stickstoffassimilation des Pilzes. Giftwirkungen des Trauben-Penicillium, wie sie Sturli (1) bei einer auf Polenta gefundenen Form (vergl. Bd. II, S. 382 u. 525) beobachtete, sind nicht bekannt.

Nur kurz sei noch auf die sogen. Weißfäule hingewiesen, hervorgerufen durch den neuerdings auch in Deutschland gefundenen Pilz *Coniothyrium diplodiella* (Speg.) Sacc. Istvánffi (1) hat diesem Verderber der Traubenbeeren, der aber, wie *Botrytis*, auch auf anderen Organen des Weinstocks vorkommt, eine ausführliche Monographie gewidmet. Für die Qualität des Weines dürfte vornehmlich die sekundäre Besiedelung der getöteten Beeren und Beerenstiele durch Schimmelpilze u. dergl. gefährlich sein. Aus Michigan gibt Longyear (1) als Urheber bitteren Geschmackes der Traubenbeeren *Melanconium fuligineum* (Scrib. et Viala) Cav. an; der Pilz kommt auch in Europa, z. B. in Italien, vor. *Glomerella rufomaculans* (Berk.) Spauld. et v. Schrenk ist auch (vergl. S. 362) als Urheber des ripe-rot, einer kurz vor der Reife eintretenden Fäule an Traubenbeeren, in Nordamerika verbreitet, wie Lüstner (3) berichtet. Nach Pacottet (3) hat auch der Befall der Beeren durch den Schwarzbrenner *Gloeosporium ampelophagum* (Pass.) Sacc. (= *Sphaceloma ampelinum* de By.) üble Folgen für die Qualität des Weines; doch dürften sie zum Teil nur mittelbar mit dem Befall, unmittelbar aber mit der sekundären Saprophyten-Flora der Schwarzbrennerflecke zusammenhängen. Capus (3) gibt an, daß auch Traubenbeeren, die vom Black rot, der durch *Laestadia Bidwellii* (Vial. et Pac.) verursachten Schwarzfäule, befallen sind, dem Wein einen üblen Geschmack verleihen, soweit sie nicht vor der Ernte bereits vertrocknet und inhaltslos geworden sind. Danach scheint in der Tat der Parasit selbst üble Geschmacksstoffe zu erzeugen. Bezüglich der zuletzt erwähnten Pilze muß auf die Handbücher der Rebenkrankheiten, z. B. das von Viala (1), und auf den einschlägigen Abschnitt des Werkes von Babo und Mach (1) verwiesen werden.

Literatur

zum Kapitel Fäulniserscheinungen an Trauben und anderen Materialien der Weinbereitung.

*Aderhold, R., und Ruhland, W., (1) Arbeiten a. d. biol. Abteilung am Kais. Gesundheitsamte, 1905, Bd. 4, S. 427. — (2) Arbeiten a. d. Kais. Biol. Anstalt f. Land- und Forstwirtschaft, 1907, Bd. 5, S. 293. *Anonym, (1) The Natal Agric. Journal, 1910, Bd. 15, S. 13. *Appel, O., und Wollenweber, A. W., (1) Arbeiten a. d. Kais. Biol. Anstalt f. Land- und Forstwirtsch., 1910, Bd. 8, S. 1. *Babo und Mach, (1) Handbuch des Weinbaues und der Kellerwirtschaft, Bd. I. Weinbau, 3. Aufl., Zweiter Halbband, Berlin 1910. *Baretto, L. P., (1) Revue de Viticulture, 1896, Bd. 5, S. 445. *Bary, A. de, (1) Ueber Schimmel und Hefe, Berlin 1869 (Heft 87/88 der Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftl. Vorträge, IV. Serie). — (2) Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze. Leipzig 1884. — (3) Bot. Ztg., 1886, Bd. 34, S. 377. *Bassermann, L., (1) Mitteilungen ü. Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1903, Bd. 15, S. 101. *Behrens, J., (1) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1895, Bd. 5, S. 136. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 514. — (3) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1905, Bd. 23, S. 116. — (4) Jahresbericht d. Großh. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg über 1906. Karlsruhe 1907. *Bisset, G. F., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 10, S. 601. *Bouchardat, G., (1) Revue de Viticulture, 1903, Bd. 20, S. 669; 1910, Bd. 34, S. 129. *Brefeld, O., (1) Ascomyceten II. Untersuchungen a. d. Gesamtgebiete der Mykologie, Heft 10, 1910. *Brooks, C. H., (1) The bot. Gazette, 1906, Bd. 42, S. 359. — (2) Bulletin Torrey Bot. Club, 1908, Bd. 35, S. 423; ref. in Bot. Centralbl., 1909, Bd. 111, S. 229. — (3) Annals of Botany, 1908, Bd. 22, S. 479. *Bubák, Fr., (1) Zeitschr. f. d. landwirtschaftl. Versuchswesen in Oesterreich, 1910, Bd. 13, S. 502. *Capus, J., (1) Revue de Viticulture, 1899, Bd. 12, S. 694. — (2) Ebenda, 1902, Bd. 18, S. 121. — (3) Ebenda, 1904, Bd. 22, S. 360. — (4) Ebenda, 1906, Bd. 25, S. 685. *Chef-de-bien, de, (1) Revue de Viticulture, 1896, Bd. 6, S. 106. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 16, S. 236. *Colin, H., (1) Revue générale de Botanique, 1909, Bd. 21, S. 27. *Cooke, M. Th., und Horne, W. T., (1) Estación Central Agronómica de Cuba, Bull. No. 9 (English Edition), 1908. *Coudon, H., und Pacottet, P., (1) Revue de Viticulture, 1901, Bd. 15, S. 145. *Dandeno, (1) Report of the Michigan Acad. of Science, 1908, Bd. 10, S. 51. *Evans, J. B. P., (1) Transvaal Agric. Journ., 1908, Bd. 7, S. 60. — (2) Transvaal Dep. of Agric., Science Bull., 1910, Nr. 4; Farmer's Bull., 1910, Nr. 109. *Frank, B., (1) Die Krankheiten der Pflanzen. Bd. II. Breslau 1896. *Fulton, H. F., (1) The bot. Gazette, 1906, Bd. 41, S. 81. *Gouirand, G., (1) Revue de Viticulture, 1907, Bd. 28, S. 621. *Goutay, Ed., (1) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 14, S. 548. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 16, S. 522. *Guillon, J. M., (1) Revue de Viticulture, 1902, Bd. 18, S. 463. — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1906, Bd. 142, S. 1346; Revue de Viticulture, 1906, Bd. 26, S. 117. *Guillon, J. M., und Gouirand, G., (1) Revue de Viticulture, 1899, Bd. 12, S. 33. *Istvánffi, J. de, (1) Annales de l'Institut Central Ampélologique Royal Hongrois, Budapest, 1902, Bd. 2. — (2) Ebenda, 1905, Bd. 3, S. 183. — (3) Mitteilungen des Deutschen Weinbauvereins, 1908, Bd. 3, S. 177. *Kayser, E., und Regnier, L., (1) Revue de Viticulture, 1901, Bd. 16, S. 196. *Kiebler, (1) Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau, 1908, Bd. 17, S. 357. *Kissling, E., (1) Zur Biologie der Botrytis cinerea. Berner Dissert., Dresden 1889; Hedwigia, 1889, Bd. 28, S. 227. *Klebahn, H., (1) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1904, Bd. 14, S. 1. — (2) Jahrb. d. Hamburgischen wissenschaftl. Anstalten, 1904, Bd. 22, 3. Beiheft: Arbeiten der botanischen Staatsinstitute, Hamburg 1905. — (3) Ebenda, 1906, Bd. 24, 3. Beiheft, Hamburg 1907. *Küster, E., (1) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1908, Bd. 26, S. 246. *Kulisch, P., (1) Verhandlungen des 14. Deutschen Weinbaukongresses zu Neustadt a/H. 1895, S. 99; Mitteilungen ü. Weinbau und Kellerwirtschaft, 1895, Bd. 7, S. 130; Weinbau u. Weinhandel, 1895, Bd. 13, S. 389. — (2) In: Arb. Kais. Ges.-Amt, 1908, Bd. 27, S. 4 u. 163. — (3) In: Arb. Kais. Ges.-Amt, 1908, Bd. 27, S. 4; 1908, Bd. 28, S. 5. *Laborde, J., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1896, Bd. 122, S. 1074. — (2) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 14, S. 561. — (3) Ebenda, 1902, Bd. 17, S. 257. — (4) Ebenda, 1907, Bd. 27, S. 524; Bd. 28, S. 301. *Laubert, R., (1) Gartenflora, 1910, Bd. 59, S. 409. *Lewis, Ch. E., (1) University of Maine, Maine Agric. Exp. Station, 1910, Bull. Nr. 178. *Longyear, B. O., (1) Michigan State Agric. College, Exper. Station, Bot. Dep., Special Bull. Nr. 25, Maine 1904. *Lüstner, G., (1) Geisenheimer Jahresbericht für 1907, Berlin 1908, S. 324. — (2) Ebenda, S. 325. — (3) In: Babo und Mach (1). *Manaresi, A., und Tonagutti, M., (1) Staz. sperim. agrar. ital., 1910, Bd. 43, S. 369. *Manceau, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1903, Bd. 137, S. 998. *Marchal, E., (1) Bull. Soc. Royale de Belgique, 1908, Bd. 45, S. 343; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 24, S. 563. *Meissner, R., (1) 5. Bericht der Kgl. Württemberg. Weinbau-Versuchsanstalt Weinsberg über 1907, S. 76. *Molz,

Em., (1) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1905, Bd. 18, S. 159. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 17, S. 175. ***Müller-Thurgau,** H., (1) Weinbau u. Weinhandel, 1888, Bd. 6, S. 226. — (2) Landw. Jahrbücher, 1888, Bd. 17, S. 83. — (3) Verhandlungen des XII. Deutschen Weinbaukongresses in Worms. Mainz 1891, S. 128; Kochs Jahresb., 1891, Bd. 2, S. 148. — (4) Schweiz. Z. f. Obst- u. Weinbau, 1901, Bd. 10, S. 289. — (5) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1905, Bd. 19, S. 570. — (6) Ebenda, 1908, Bd. 22, S. 783. ***Müller-Thurgau,** H., und **Osterwalder,** A., (1) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1910, Bd. 24, S. 268. ***Muntz,** A., (1) Cit. n. Revue de Viticulture, 1902, Bd. 17, S. 714. ***Muth,** Fr., (1) Mitteilungen d. Deutschen Weinbauvereins, 1909, Bd. 4, S. 238. — (2) Ebenda, 1910, Bd. 5, S. 41 u. 73. ***Neubauer,** C., (1) Annalen der Oenologie, 1876, Bd. 5, S. 343. ***Nordhausen,** M., (1) Jahrb. wiss. Bot., 1898, Bd. 33, S. 1. ***Osterwalder,** A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 15, S. 435. — (2) Ebenda, 1907, Bd. 18, S. 825. — (3) Ebenda, 1910, Bd. 25, S. 260. — (4) Die Obst- u. Gemüseverwertung, 1910, Bd. 6, S. 118. ***Pacottet,** P., (1) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 13, S. 341. — (2) Ebenda, 1903, Bd. 20, S. 158. — (3) Ebenda, 1904, Bd. 21, S. 5. ***Perrier de la Bathie,** (1) Revue de Viticulture, 1906, Bd. 25, S. 519. ***Potter,** M. C., (1) The rottenness of turnips and swedes in store. The Journal of the Board of Agriculture, Bd. 3, Nr. 2. ***Ravaz,** L., (1) Revue de Viticulture, 1895, Bd. 4, S. 156 u. 179. ***Ravaz,** L., und **Gouirand,** G., (1) Revue de Viticulture, 1896, Bd. 6, S. 101. ***Reidemeister,** W., (1) Annales mycologici, 1909, Bd. 7, S. 19. ***Rübsaamen,** Ew. H., (1) Die wichtigsten deutschen Rebenschädlinge und Rebennützlinge. Berlin-Leipzig-Stuttgart 1909. ***Ruhland,** W., (1 Arbeiten a. d. Kais. Biol. Anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft, 1908, Bd. 6, S. 71. ***Salmon,** E. S., (1) The Journal of the Board of Agriculture, 1910, Bd. 17, S. 1. ***Sauvageau,** C., (1) Revue de Viticulture, 1894, Bd. 2, S. 131. ***Schellenberg,** H., (1) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1905, Bd. 19, S. 293. ***Schellenberg,** H. C., (1) Flora, 1908, Bd. 98, S. 257. ***Schneider-Orelli,** O., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1908, Bd. 21, S. 365. — (2) Schweiz. Z. f. Obst- u. Weinbau, 1909, Bd. 18, S. 52. ***Scott,** W. M., (1) U. S. Dep. of Agric., Bureau of Plant Industry, 1906, Bull. Nr. 93. ***Sémichon,** L., (1) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 14, S. 393. ***Seufferheld,** C., (1) Mitteilungen ü. Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1905, Bd. 18, S. 75. ***Shear,** C. L., (1) U. S. Dep. of Agric., Bureau of Plant Industry, 1907, Bull. Nr. 110. ***Smith,** E. F., (1) Bacteria in relation to plant diseases. Washington 1905. ***Smith,** R. E., (1) University of California publications, Coll. of Agric., Agric. Experim. Station, Bull. Nr. 190, Sacramento 1907. — (2) The bot. Gazette, 1900, Bd. 29, S. 369. ***Smith,** R. E. und **E. H.,** (1) The bot. Gazette, 1906, Bd. 42, S. 215. ***Sorauer,** P., (1) Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Bd. II. Bearbeitet von G. Lindau. Berlin 1908. ***Stevens,** F. L., und **Hall,** J. G., (1) Journ. of Mycology, 1907, Bd. 13, S. 94. — (2) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1909, Bd. 19, S. 65. ***Sturli,** A., (1) Ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 25, S. 334. ***Swingle,** W. T., und **Webber,** H. J., (1) U. S. Dep. of Agric., Div. of Vegetable Physiology and Pathology, Bull. Nr. 8. Washington 1896. ***Thom,** Ch., (1) U. S. Dep. of Agric., Bureau of Animal Industry, Bull. Nr. 118. Washington 1910. ***Total,** E., (1) Progrès agric. et viticole, 1909, Bd. 30, S. 1499. ***True,** R. H., und **Sievers,** Arth. F., (1) U. S. Dep. of Agric., Bureau of Plant Industry, 1909, Circ. Nr. 26. ***Viala,** P., (1) Les maladies de la vigne. 3e édition. Montpellier 1893. ***Walker,** L. B., (1) Nebraska Station Rep., 1907, S. 34; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 25, S. 354. ***Ward,** M., (1) Annals of botany, 1888, Bd. 2, S. 319. ***Webber,** H. J., (1) U. S. Dep. of Agric., Division of Vegetable Physiology and Pathology, Bull. Nr. 13. Washington 1897. ***Wehmer,** C., (1) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1894, Bd. 4, S. 204. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 193. ***Whetzel,** H. H., (1) Cornell University, Agric. Experim. Station Ithaka, Bull. Nr. 236, Febr. 1906. ***Windisch,** K., (1) Geisenheimer Jahresbericht für 1903. Berlin 1904, S. 144. — (2) Die chemischen Vorgänge beim Werden des Weines. Stuttgart 1906. ***Wortmann,** J., (1) Mitteilungen ü. Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1901, Bd. 13, S. 165. — (2) Geisenheimer Jahresbericht für 1901. Wiesbaden 1902, S. 116. ***Wulff,** Th., (1) Arkiv för Botanik, 1908, Bd. 8, Nr. 2.

(*Manuskript-Einlauf: 2. Mai 1911.*)

16. Kapitel.

Die Anwendung von Reinhefen in der Most-Gärung.

Von

Prof. Dr. Karl Kroemer,

Vorstand der Pflanzenphysiolog. Versuchsstation der Königl. Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim am Rhein.

§ 94. Die Verbesserung der Most-Gärung ohne Reinhefe durch Reinigung des Maischgutes und Erhöhung seines Säuregehaltes.

Wirkliche Reingärungen sind in der Weinbereitung wie in anderen Gärungsbetrieben erst durch die Einführung reingezüchteter Gärungserreger möglich geworden, dagegen hat man andere Methoden zur Verbesserung der Weingärung schon früher gekannt. Diese sind es, welche hier und im folgenden Paragraphen zuerst besprochen werden sollen. Sie beruhen zum Teil auf sehr alten Erfahrungen, haben für die Praxis der Weinbereitung aber noch jetzt ihre Bedeutung, besonders in den auch heute durchaus nicht seltenen Fällen, wo die Moste noch ohne Reinhefen vergoren werden. Wie wir sehen werden, handelt es sich dabei größtenteils um Verfahren ähnlicher Art, wie sie Delbrück (1) unter dem Sammelbegriff Natürliche Hefenreinzucht (s. S. 141) zusammengefaßt hat.

Das älteste Mittel zur Erzielung einer reintönigen Gärung ist die Beseitigung der angefaulten Trauben aus dem Gärmaterial. Nach Bassermann-Jordan (1) war es schon bei den Römern üblich, mangelhafte und kranke Beeren bei der Lese sorgfältig von den gesunden Trauben abzusondern und zu einem geringeren Nachwein zu verarbeiten. Im Mittelalter hielt man alle faulen Trauben für verdorben und suchte sie wenigstens bei der Herstellung der besseren Weine aus dem Lesegute zu beseitigen. Im allgemeinen war allerdings der damals herrschende Lesezwang, der den Zeitpunkt der Lese nur nach den Interessen des Zehntenempfängers bestimmte, diesen Maßnahmen nicht günstig. Das änderte sich aber, als man etwa um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts erkannte, daß die Beeren gewisser weißer Traubensorten, wie des Rieslings, Sylvaners, Orléans und Traminers, erst im Zustande der Edelfäule die wertvollsten Weine liefern. Von diesem Zeitpunkt an kam das Verfahren der Traubenauslese allgemein in Aufnahme und wurde nach und nach bedeutend verbessert. Heute, wo man die mykologische Natur der Fehlgärungen kennt, ist es wenigstens in allen Qualitätsweinbaugebieten strenge Regel, alle rohfaulen, grünfaulen und essigstichigen Beeren bei der Lese sorgfältig von den gesunden Früchten zu trennen, um die Eigenhefen der gesunden Beeren vor dem Mitbewerb der Gärungsschädlinge zu bewahren. Es wird zu diesem Zweck in der Regel eine Vorlese abgehalten und bei der Hauptlese nochmals eine Trennung der Trauben vorgenommen. Wie man dabei im einzelnen vorgeht, ist aus den Handbüchern von Babo und Mach (1), Bassermann-Jordan (1) und Pacottet (1) zu ersehen.

Aehnlich wie bei der Traubenweinbereitung wird auch bei der Herstellung der Obst- und Beerenweine verfahren. Zu der Absonderung der angefaulten Früchte tritt hier noch eine gründliche Reinigung des Mostobstes durch Waschen in reinem Wasser. In größeren Apfelweinkeltereien benutzt man dazu besondere, nach Art der Kartoffel- und Rübenwäschen eingerichtete Waschmaschinen, die von Löschnig (1) näher beschrieben worden sind. Den Verlust an Most, der beim Waschen der Beerenfrüchte unvermeidlich ist, nimmt man in Kauf, weil nur der Saft geplatzter, angegorener Früchte verloren geht, der sich doch fast ausnahmslos durch Krankheitserreger schon stark verunreinigt zeigt; worüber man S. 349 vergleiche. Daß die Säfte aus gewaschenem Kernobst nach den Untersuchungen von Behrend (1) ebenso rasch angären und nicht wässeriger sind als Moste aus ungewaschenem Obst, ist auf S. 352 bereits erwähnt worden.

Da sich die Pilzflora der Mostfrüchte nach den auf S. 348 mitgeteilten Versuchen von Pasteur (1), Müller-Thurgau (1), Wortmann (1), Cordier (1) und anderen mit zunehmender Reife verbessert, so wird sich die Gärung auch durch zweckmäßige Wahl der Erntezeit günstig beeinflussen lassen. Nach dem, was auf S. 348 u. f. über diesen Gegenstand gesagt worden ist, werden in dieser Beziehung relativ die besten Aussichten gegeben sein, wenn das Mostobst zur Zeit der Vollreife geherbstet wird. Dagegen muß eine Verzögerung der Lese bis zur Zeit der Ueberreife die Zusammensetzung der Traubenflora verschlechtern. Daß das auch bei Kernobst der Fall ist, zeigen Untersuchungen von Müller-Thurgau (2), aus denen hervorgeht, daß sich die Pilzflora auf Birnen beim Teigwerden der Früchte in einer für die Vergärung des Saftes unzweckmäßigen Weise verändert, „indem wohl die Zahl der Hefe zunimmt, aber die Qualität des Gemisches infolge sehr starker Vermehrung von *Saccharomyces apiculatus* und Bakterien vermindert wird." Mit derartigen Beobachtungen steht auch die Tatsache im Einklang, daß in südlichen Gegenden entsprechend ihrer früheren Traubenreife ganz allgemein zeitiger gelesen wird als in nördlichen Weinbaugebieten.

Allerdings spricht hier auch die Erfahrung mit, daß Moste von höherem Säuregehalt, wie sie aus frühzeitig gelesenen Trauben erhalten werden, besser gegen Fehlgärungen und Krankheiten geschützt sind als die säurearmen Moste, die in südlichen Weinbaugebieten von gewissen Traubensorten immer zu erwarten sind. Wir werden auf diese Erscheinung, die im wesentlichen auf die entwicklungshemmende Wirkung zurückzuführen ist, welche die natürlichen Säuren des Mostes auf gewisse Bakterien des Weines ausüben, im 18. Kapitel noch zurückkommen. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß Pacottet (1), Sémichon (1) u. a. zur Verbesserung der Weingärung empfehlen, säurearme Trauben, wie sie im Midi häufig vorkommen, vor der Kelterung mit weniger reifen Trauben oder ganz unreifen Geiztrauben (Herlinge, Grapillons), die also höheren Säuregehalt haben, zu vermischen. In ähnlicher Weise pflegt bei der Obst- und Beerenwein-Bereitung ein etwa vorhandener Säuremangel des Mostobstes durch Zusätze von säurehaltigen Früchten ausgeglichen zu werden. Barth (1) z. B. empfiehlt, Süßäpfel mit 5–6 Proz. Speierlingen (Früchte von *Sorbus domestica*) oder in Ermangelung dieser Früchte mit 3 Proz. Schlehen zu versetzen. Ebenso werden zu diesem Zweck Zieräpfel (Früchte von *Pirus baccata*) und in neuerer Zeit stellenweise auch die Beeren der süßen Eberesche (*Sorbus aucuparia var. dulcis*) benutzt, die Müller-Thurgau (3) zuerst für diese Zwecke empfohlen hat. Säure-

arme Frühbirnen vermengt man nach Barth (1) mit etwa 10 Proz. säurereichen Aepfeln, während Meissner (1) vorschlägt, Süßäpfel mit der doppelten Menge säurereicher Aepfel einzumaischen. Die Mischung des Mostobstes hat in allen diesen Fällen allerdings auch die Bedeutung, den Gerbstoffgehalt der Moste zu erhöhen und die Klärung der Weine durch die Ausscheidung von Eiweiß-Gerbstoff-Verbindungen zu erleichtern. Schon hier sei auf die dem gleichen Zwecke dienenden Scheidmoste hingewiesen, die nach Kehlhofer (1) aus frühzeitig gelesenen, noch sehr herben Birnen hergestellt werden und zur Klärung gerbstoffarmer Trübmoste in der Schweiz Verwendung finden.

In südlichen Weinbauländern, wo gewisse Traubensorten fast regelmäßig säurearme Moste liefern, wird zur Erzielung einer reineren Gärung, namentlich zur Unterdrückung von Bakterien, der Säuregehalt der Moste auch direkt durch *Zusätze* von *Weinsäure*, *Citronensäure* oder *Apfelsäure* erhöht. Das Verfahren ist in Deutschland, Spanien, Ungarn und in der Schweiz für die Herstellung von Traubenweinen nicht zugelassen und darf in Oesterreich nur bei Mosten angewendet werden, die bereits krank sind. Dagegen gehört es in Südfrankreich, Algier, Argentinien und in einigen anderen Ländern zur anerkannten Kellerbehandlung, allerdings unter gewissen Beschränkungen durch die Landesgesetze; worüber man die Angaben von Günther (1) vergleiche. Dugast (1) empfiehlt einen Säurezusatz nur für solche algerische Moste, deren auf Weinsäure berechneter Säuregehalt geringer ist als 7—8 Promille. Der Zusatz soll dabei so bemessen werden, daß der Gesamtsäuregehalt des Mostes 8 Promille nicht übersteigt. Nach Sémichon (1) können südfranzösischen Rotweinmosten bei Säuremangel bis 100 g, nach Pacottet (1) sogar bis 200 g Weinsäure auf den Hektoliter zugegeben werden. Auf diese Weise ist es nach den genannten Forschern auch in Südfrankreich möglich, die Vorteile der Spätlese auszunutzen, d. h. möglichst reife Weine von hohem Alkohol- und Farbstoffgehalt zu erzielen, ohne daß die Entwicklung von Krankheitserregern bei der Gärung zu befürchten wäre. Die zugesetzte Weinsäure bleibt nur zum Teil in freiem Zustande. Zum größten Teil geht sie Verbindungen mit den Alkalisalzen des Mostes ein und setzt dabei andere Säuren in Freiheit. Nahezu die Hälfte soll nach den Beobachtungen von Sémichon (1) und anderen französischen Forschern während der Gärung als Weinstein wieder ausfallen. *Citronensäure* und *Apfelsäure* werden wegen ihres hohen Preises zum Ansäuern von Mosten seltener benutzt, doch sei erwähnt, daß nach einer von Pacottet (1) wiedergegebenen Mitteilung Mathieu's bei der Herstellung der roten billigen Verschnittweine Südfrankreichs unter der Bezeichnung technische Citronensäure zuweilen Mischungen von Citronensäure und *Oxalsäure* zur Anwendung kommen sollen. Ueber die Verwendung von Weinsäure und Citronensäure bei der Vergärung von Birnen- und säurearmen Beerenmosten vergleiche man die Angaben in den Lehrbüchern von Barth (1) und Meissner (1).

Auf indirektem Wege wird der Säuregehalt der Moste durch das *Gipsen* erhöht, ein Verfahren, auf welches wir deshalb ebenfalls eingehen müssen. Es ist in Südfrankreich, Algier, Italien, Spanien und in der Kapkolonie bei der Herstellung von Rotweinen und herben, likörartigen Dessertweinen (Jerez, Malaga und ähnlichen Weinen) allgemein im Gebrauch, in Deutschland, Oesterreich-Ungarn und in der Schweiz aber verboten. Im wesentlichen besteht es darin, daß die Trauben vor oder nach dem Maischen mit mehr oder minder erheblichen Mengen von

Gips bestreut werden. Früher sollen davon bis zu 5 kg auf den Hektoliter Maische benutzt worden sein, heute ist die Verwendung derartiger Mengen wenigstens bei der Herstellung von Rotweinen und gewöhnlichen Tischweinen ausgeschlossen, weil der für solche Weine zulässige Schwefel-5 säuregehalt fast in allen Ländern auf 2 g Dikaliumsulfat im Liter beschränkt worden ist. Falls diese Grenze nicht überschritten werden soll, dürfen der Maische nach den Angaben von DUGAST (1) und PACOTTET (1) für jeden Hektoliter des zu erwartenden Weines nur 200 bis 300 g Gips zugesetzt werden.

10 Die chemischen Wirkungen des Gipsens sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen, die nach Angaben von NENCKI (1) bis zum Jahre 1857 zurückreichen. Als feststehendes Ergebnis der vielen, sehr verschiedenwertigen Arbeiten kann der Nachweis angesehen werden, daß der Säuregehalt der gärenden Moste durch das Gipsen 15 erhöht wird. ZECCHINI und SILVA (1) haben z. B. gefunden, daß zwei im Gärbottich gegipste Weine 1,7 und 2,1 Promille Säure (berechnet als Weinsäure) mehr enthielten als ungegipste Vergleichsweine. Aehnliche Beobachtungen liegen von POLLACCI (1) und anderen Forschern vor. Wie diese Säurevermehrung im einzelnen zu erklären ist, bleibt aber immer 20 noch zweifelhaft. GRIESSMAYER (1), BASTIDE (1), POLLACCI (1), NENCKI (1) und VITALI (1) glauben auf Grund ihrer Untersuchungen, daß sie im wesentlichen auf den Ersatz des Weinsteins durch saures schwefelsaures Kali zurückzuführen ist. Nach der Gleichung

$$\begin{array}{l}CHOH\cdot COOK\\ |\\ CHOH\cdot COOH\end{array} + SO_4Ca = \begin{array}{l}CHOH\cdot COO\\ |\\ CHOH\cdot COO\end{array}\!\!\!>Ca + SO_4HK \quad (25)$$

soll sich das Calciumsulfat mit dem Weinstein des Mostes in schwerlösliches Calciumtartrat, welches zum größten Teil ausgeschieden wird, und leichtlösliches Monokaliumsulfat umsetzen. C. VON DER HEIDE (1) 30 hat berechnet, daß der Säuregehalt eines Mostes von 8 Promille Weinstein-Gehalt um 2,08 Promille Schwefelsäure oder 3,20 Promille Weinsäure erhöht werden müßte, wenn aller Weinstein in dieser Weise zerlegt würde. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß es sich bei dieser Umsetzung nur um eine primäre Reaktion handelt, die eine sekundäre nach 35 sich zieht. Das gebildete Monokaliumsulfat tritt jedenfalls mit den Kalisalzen anderer organischer Säuren in Wechselwirkung, wobei unter Entstehung von Dikaliumsulfat (K_2SO_4) eine entsprechende Menge organischer Säure frei werden muß. Für diese Auffassung sprechen die älteren Beobachtungen von R. KAISER (1), MAGNIER DE LA SOURCE (1) und 40 PICHARD (1). In neuerer Zeit wollen MAGNANINI (1) und VENTURI (1) durch Messung der Inversionsgeschwindigkeiten von Rohrzucker ebenfalls nachgewiesen haben, daß in gegipsten Weinen nicht Mono- sondern Dikaliumsulfat vorkommt. Gestützt wird diese Ansicht ferner durch eine Arbeit von C. VON DER HEIDE und BARAGIOLA (1), in der gezeigt wird, 45 daß die Schwefelsäure auch in ungegipsten Weinen vollständig an Basen gebunden ist Bei der Beurteilung der vorliegenden Fragen ist übrigens nicht außer acht zu lassen, daß die Veränderungen, die das Gipsen im Moste hervorruft, bis zu einem gewissen Grade von der Menge des zugesetzten Calciumsulfates und dem Umstande abhängig 50 sein dürften, ob Traubenmaischen oder abgekelterte Moste gegipst werden. Ist das erstere der Fall, dann müssen sich aus der Einwirkung der durch das Gipsen veränderten Traubensäfte auf die Tresterbestandteile weitere Umsetzungen ergeben, die in gegipsten Mosten nicht mög-

lich sind. Diese Ansicht vertritt auch DUGAST (1), der annimmt, daß die Traubensäfte in gegipsten Maischen zwar zunächst einen Verlust an Weinstein und anderen organischen Salzen erleiden, sich dann aber durch Auslaugen der Trester von neuem mit diesen Verbindungen sättigen. Solche nachträglich in Lösung gehende Weinsteinmengen können unzerlegt bleiben, wenn der Gipszusatz nur klein gewesen ist. Neben den besprochenen Veränderungen bewirkt das Gipsen noch andere Umsetzungen, deren Verlauf im einzelnen allerdings noch wenig bekannt ist. Nach WINDISCH (1) wird in ähnlicher Weise wie der Weinstein auch das phosphorsaure Kali angegriffen, wobei leicht lösliches Kaliumphosphat und schwer lösliches Calciumphosphat entstehen. Der Mineralstoffgehalt der Weine wird erhöht, worüber man zahlreiche Belege in der älteren citierten Literatur und in den Arbeiten von NENCKI (1), R. KAISER (1), WINDISCH (1) und CARPENTIERI (1) findet. Auch der Extraktgehalt gegipster Weine dürfte wesentliche Abweichungen zeigen. Das Gipsen soll ferner die Farbenintensität und die Klärung der Rotweine begünstigen, jedenfalls glauben die Gärtechniker, daß im Gärbottich gegipste Rotweine eine besonders feurige, blanke Farbe annehmen. Die Erscheinung erklärt sich zum Teil wohl durch chemische Einwirkungen der Sulfate auf den roten Traubenfarbstoff, dürfte aber auch darauf zurückzuführen sein, daß die Fällung des Weinsteins wie eine Schönung wirkt.

In gärungsphysiologischer Hinsicht ist von allen diesen Umsetzungen die Erhöhung des Säuregehalts die wichtigste, da sie unter Umständen einen günstigen Einfluß auf die Entwicklung und Zusammensetzung der Gärungsflora ausüben wird. Die Beobachtungen von ERDÉLYI (1) lehren allerdings, daß diese Wirkung nicht immer eintritt. Daß der Wert des Gipsens nur ein sehr bedingter ist, zeigen auch die Untersuchungen von POLLACCI (1), nach denen bei der Gärung gegipster Moste durch Reduktion von Sulfaten leicht Schwefelwasserstoff entwickelt wird. Die Vorteile des Gipsens sind also sehr zweifelhafter Natur. Da die abweichende chemische Zusammensetzung der gegipsten Weine und insbesondere ihr Gehalt an schwefelsauren Salzen auch in gesundheitlicher Beziehung nicht ohne Bedenken sind, ist es nur verständlich, wenn das Gipsen seit neuerer Zeit in einzelnen Ländern ganz verboten, in anderen durch die Festsetzung der oben genannten Grenzzahl in der Ausführung wesentlich eingeschränkt worden ist.

Nur andeutungsweise sei hier das zeitweise empfohlene Verfahren erwähnt, gegipste Weine durch Zusätze von Strontium- oder Baryumsalzen wieder zu entgipsen. Man vergleiche darüber die Arbeiten von GAYON und BLAREZ (1), SPICA (1), PORTES (1), QUANTIN (1) und GIRARD (1). Das Verfahren hat in der Praxis wegen seiner gesundheitsschädlichen Wirkung ebensowenig Eingang gefunden wie der Vorschlag von CALMETTES (1), Calciumtartrat an Stelle von Gips zur Verbesserung der Weingärung zu benutzen. Auch der Versuch von ZECCHINI (1), das Gipsen durch Vermengen der Maischen mit Kaolin und Weinsäure zu ersetzen, ist von der Praxis nicht beachtet worden.

Dagegen ist in neuerer Zeit in Frankreich und Algier die sog. Phosphatage in Aufnahme gekommen, bei der die Maischen mit Calciumphosphat behandelt werden. Die Methode ist in Frankreich von HUGOUNENQ und ANDOYNAUD (1) ausgearbeitet worden, nachdem schon vorher ZECCHINI (1) in Italien bei der Vergärung von Traubenmaischen versuchsweise Tricalciumphosphat als Ersatzmittel für Gips benutzt hatte. In Algier wird die Phosphatage nach DUGAST (1) heute so aus-

geführt, daß die Rotweinmaischen mit Dicalciumphosphat in Mengen von annähernd 250 g auf 50 kg Maische versetzt werden. Aehnlich wie beim Gipsen wird dabei der Säuregehalt erhöht, indem sich unter der Einwirkung des Calciumphosphates schwerlösliches Calciumtartrat und 5 saures phosphorsaures Kalium bilden. Die Säurevermehrung des Weines ist hier also auf die Zunahme seines Phosphorsäuregehaltes zurückzuführen. Nach CHAUZIT (1) und DUGAST (1) ist das Verfahren für französische und algerische Rotweine sehr zu empfehlen. In Deutschland, Oesterreich-Ungarn und in der Schweiz ist es vom Gesetz nicht zu-10 gelassen.

Im Anschluß an diese Methoden muß schon hier auch der Anwendung schwefliger Säure gedacht werden, die ein altes Mittel zur Verbesserung der Weingärung darstellt, aber erst durch die Einführung der Reinhefen für die Gärführung in Weinkellereien größere Bedeutung 15 erlangt hat und daher erst im § 98 näher zu besprechen sein wird.

§ 95. Die Verbesserung der Most-Gärung ohne Reinhefe durch Luft-Abschluß, Temperatur-Regelung und Vormaischen.

Eine wesentliche Verbesserung der Weingärung bewirkt die heute in Deutschland allgemein geübte und auch sonst bekannte Vorsichts-20 maßregel, die Luft von dem Mostgut und den gärenden Fruchtsäften nach Möglichkeit fernzuhalten. Man trägt dabei der Tatsache Rechnung, daß die meisten Krankheitserreger des Weines nur bei Luftzutritt gedeihen, Luftmangel also eine Auslese unter den vorhandenen Gärungsorganismen zugunsten der alkoholbildenden Hefen herbeiführen 25 muß. Ueber die Technik, die dabei eingehalten wird, sei nur so viel erwähnt, daß die gesamten Lese-, Maische- und Kelterarbeiten so beschleunigt werden, daß das Mostgut nur kurze Zeit mit Luft in Berührung bleibt. Das alte Verfahren der Angärung, wobei man die Maischen in offenen Bottichen mehrere Tage angären ließ, bevor man 30 sie abkelterte, wird bei der Herstellung besserer Weißweine wenigstens in Deutschland nicht mehr benutzt. Die Trauben werden unmittelbar nach dem Maischen abgepreßt, so daß Schimmeldecken, Essigbakterien und Kahmpilze, wie sie auf der Oberfläche offen stehender Fruchtmaischen namentlich bei niederen Temperaturen gewöhnlich auftreten, 35 auf der Maische nicht mehr zur Entwicklung gelangen. Allerdings ist der Einführung dieser Arbeitsweise sehr zustatten gekommen, daß die heutige Geschmacksrichtung grünlichhelle, sich leicht klärende und schnell ausbauende Weine bevorzugt, wie man sie bei dem Verfahren der Angärung nicht erzielen kann, weil die Moste bei längerer Berührung mit 40 den Trestern zu viele Extraktbestandteile aufnehmen und durch Oxydationsvorgänge leicht hochfarbig, unter Umständen sogar braun werden. Inwieweit Schimmelpilze, die in offenstehenden Traubenmaischen sich unter Umständen bis zur Bildung von Schimmelrasen entwickeln können, hierbei durch Oxydase- oder Pigmentbildung mitwirken, ist noch nicht 45 hinreichend klargestellt. Man vergleiche hierzu die Angaben auf S. 54 des Ersten, auf S. 259 des Vierten und auf S. 54 des vorliegenden Bandes. Aus ähnlichen Gründen verzichtet man heute auch bei der Obst- und Beerenwein-Bereitung auf das Angären der Maische.

Bei der Rotweinbereitung ist dagegen die Maischegärung noch 50 durchweg in Anwendung, weil der rote Traubenfarbstoff erst bei längerer

Berührung mit dem gärenden Moste in Lösung geht, wenn die Protoplasten der farbstoffführenden Zellen abgestorben und permeabel geworden sind. Dabei zeigen sich freilich alle Nachteile der Maischegärung. Die Trester werden unter dem Druck der Kohlensäure an die Oberfläche des Mostes emporgehoben und zu dem sogen. Hut zusammen- 5 gepreßt. Sie bilden hier den günstigsten Nährboden für Schimmelpilze, Kahmpilze und Essigbakterien, von denen namentlich die letzteren durch das täglich wiederholte Unterstoßen der Trester und die dadurch bewirkte Durchlüftung der Maische im Wachstum begünstigt werden. Um die hierbei entstehenden Nebengärungen zu unterdrücken, versucht man 10 die Trester durch hölzerne Gitterroste unter dem Flüssigkeitsspiegel zu halten. Man vergleiche darüber die Angaben in den Lehrbüchern von Nessler (1), Babo und Mach (1), Pacottet (1), Dugast (1 u. 2) und die Mitteilungen von Barbier (1). In neuerer Zeit werden die Gärbottiche auch mit Deckeln verschlossen und mit Gärspunden versehen, so daß 15 über der gärenden Flüssigkeit dauernd eine Kohlensäureschicht festgehalten wird („geschlossene Gärung"). Unter völligem Luftabschluß vollzieht sich die Gärung allerdings auch bei diesem Verfahren nicht, weil der gärende Most aus dem unteren Teile des Fasses täglich abgezogen und oben wieder aufgegossen wird, um die Trester besser aus- 20 zulaugen und tieffarbige Rotweine zu erhalten. Durch Anwendung von Pumpen und geeignete Schlauchverbindungen würde sich die Luft hierbei natürlich ebenfalls abhalten lassen, auch hat Aumann (1) einen Gärbottich konstruiert, bei welchem der Druck der Gärungskohlensäure die Zirkulation des Mostes bewirkt, ohne daß Luft zum Inneren des Fasses 25 Zutritt hat. Einen ähnlichen, aber offenen Gärbehälter hat Martin (1) beschrieben. Daß die geschlossene Rotweingärung unter Anwendung von Senkböden in der Praxis übrigens nicht immer die erwarteten Vorteile bringt, haben Versuche von Pacottet (2) und Braden (1) gelehrt. Die Trester werden unter den Senkböden zu einer festen Masse zu- 30 sammengepreßt, die mit dem Most zu wenig in Berührung kommt und sich unter Umständen zu stark erhitzt. Die Moste liefern infolgedessen weniger harmonische, bouquetärmere Weine als bei der gewöhnlichen offenen Gärung, bei der die Trester regelmäßig untergestoßen und im Moste gleichmäßig verteilt werden. Fuchs (1) hat versucht, diese Nach- 35 teile der geschlossenen Gärung durch Anwendung von Gärfässern zu vermeiden, die in einem festen Gestell an zwei horizontal liegenden Zapfen drehbar aufgehängt sind. Ohne die Fässer öffnen zu müssen, kann man in derartigen Gärbehältern eine gründliche Mischung der Maische dadurch herbeiführen, daß man die Gärspunde schließt und die 40 Gärfässer dann einfach mehrere Male um ihre horizontale Achse herumwirft. Obwohl sich diese „Rollfässer" bei Gärversuchen in Geisenheim nach Kroemer (1) im allgemeinen bewährt haben, finden sie in der Praxis wegen ihres hohen Preises doch kaum Eingang.

Von der Beobachtung ausgehend, daß der rote Traubenfarbenstoff 45 beim Erhitzen der Maischen leicht aus den getöteten Zellen der Beerenhülsen austritt, hat man wiederholt versucht, die Maischegärung auch bei der Rotweinbereitung auszuschalten. So hat zuerst Reihlen (1) vorgeschlagen, die roten Traubenhülsen durch Erhitzen aufzuschließen. Später hat dann Rosenstiehl (1) empfohlen, den roten Traubenfarbstoff 50 durch Erhitzen der frischen Maischen auf 45—70 °C zur Lösung zu bringen und die darauf sofort abgepreßten roten Traubensäfte wie Weißweinmoste zu vergären. Das Verfahren, zu dem sich Cazeneuve (1),

Kayser und Barba (1), sowie Miroy (1) geäußert haben, soll nach Pacottet (1) allerdings den Nachteil haben, daß die Moste zu wenig Gerbstoff aufnehmen.

Am strengsten wird der Luftabschluß heute bei der Vergärung der 5 Weißweinmoste durchgeführt. Während es noch vor wenigen Jahrzehnten üblich war, die Gärfässer spundvoll zu machen, so daß sie bei der stürmischen Gärung überliefen und ständig der Gefahr einer Infektion ausgesetzt waren, werden die Fässer heute nur noch etwa zu neun Zehntel mit Most angefüllt und sofort mit Gärspunden versehen, die die Kohlen- 10 säure durch eine Sperrflüssigkeit austreten lassen, den Zutritt der Luft zum gärenden Most aber verhindern. Die Einrichtung dieser Gärverschlüsse ist genauer aus den Lehrbüchern von Babo und Mach (1) und Nessler (1) zu ersehen. Als Sperrflüssigkeit wird gewöhnlich Wasser benutzt. Es muß während der Gärung öfters gewechselt werden, weil 15 es durch Aufnahme von Alkohol und übergespritzte Mosttröpfchen leicht zu einem sehr günstigen Nährboden für Essigbakterien und andere Gärungsorganismen wird und dann für den Wein eine sehr gefährliche Infektionsquelle bildet. Besser ist es daher, die Gärspunde mit verdünntem Alkohol oder verdünntem Glycerin zu füllen. Durch die Wir- 20 kung der Gärverschlüsse bleibt der freie Raum des Gärfasses (der Steigraum) mit Kohlensäure gefüllt, so daß die Gärung bei völliger Abwesenheit von Luft unter einer Decke von Kohlensäure vor sich geht. Da sich unter diesen Verhältnissen in dem durch seinen Säuregehalt gegen Bakterienentwicklung geschützten Most die meisten Konkurrenten der 25 Hefe nicht entwickeln können, wird auch ohne Anwendung von Reinhefen eine relativ reine Gärung erzielt, wenigstens insofern, als sie im wesentlichen nur durch die Eigenhefen des Mostes durchgeführt wird.

In französischen Weinkellereien legt man auf den Luftabschluß bei der Gärung weniger großen Wert, ja man hält dort bei der Rotwein- 30 bereitung eine gründliche Lüftung der Maische vielfach sogar für unumgänglich notwendig. Näher wird auf diese Ansichten im 17. Kapitel einzugehen sein.

Zu den Hilfsmitteln, welche die Praxis zur Verbesserung der Weingärung benutzt, gehört auch die Herstellung von G ä r t e m p e r a t u r e n, 35 welche die Weinhefen stärker im Wachstum begünstigen als die übrigen Gärungsorganismen des Mostes. Da über den Einfluß der Temperatur noch im folgenden Kapitel zu sprechen sein wird, sei an dieser Stelle nur darauf hingewiesen, daß in nördlichen Weinbaugebieten, wie im Rheingau und an der Mosel, die Lese zu so vorgeschrittener Jahreszeit 40 vorgenommen wird, daß die Temperatur der Maischen und Moste beim Einkellern oft niedriger als 10 ° C ist, ja in manchen Fällen sich nur wenig über 0 ° erhebt. Da das Wachstumsoptimum der Weinhefen weit höher liegt, so geraten derartige Moste, wie auch Rousseaux (1) durch direkte Versuche an französischen Rotweinmaischen gezeigt hat, infolge 45 einer außerordentlich trägen Hefenentwicklung nur sehr schwer und langsam in Gärung und sind dabei ständig der Gefahr von Nebengärungen ausgesetzt. Weiße Moste pflegen unter diesen Verhältnissen nach Nessler (1) meist zähe zu werden, während Rotweinmaischen nicht selten durch stärkere Entwicklung von Schimmelpilzen Schaden leiden. 50 Um diese Fehler zu vermeiden, werden in Deutschland nicht nur die Gärkeller geheizt, sondern nötigenfalls auch die Moste und Maischen selbst auf 15—18 ° C erwärmt. Wie die Technik dabei vorgeht, ist aus den Lehrbüchern von Babo und Mach (1) und Nessler (1) genauer zu

ersehen, von denen das letztere auch eine nähere Beschreibung der Wärmeapparate von Gantter (1) und Holl bringt, mit denen die Moste in den Gärfässern selbst angewärmt werden können.

In ähnlicher Weise schützt sich die Praxis auch gegen die schädlichen Folgen hoher Gärtemperaturen, wie sie in südlichen Ländern immer entstehen. Die Tagestemperatur der Trauben schwankt in Südfrankreich nach den Beobachtungen, die von Müntz und Rousseaux (1) im Jahre 1894 angestellt worden sind, zur Zeit der Lese etwa zwischen 17 und 18° C, kann aber unter besonderen Verhältnissen, wie sie nach Müntz und Rousseaux (2) im Jahre 1895 vorlagen, sogar bis auf 36.5° C steigen. In Algier betragen die Tagestemperaturen reifer Trauben nach Dugast (1) mindestens 20 bis 25° C, erhöhen sich dort aber an sehr heißen Tagen und besonders bei Sirokkowind fast stets bis auf 35° C. Die aus solchen Trauben hergestellten Moste erhitzen sich bei ihrer hohen Anfangstemperatur — namentlich wenn sie über 20 Proz. Zucker enthalten — durch die Entwicklung von Gärungswärme (s. Bd. I, S. 602, und Bd. IV, S. 356) leicht bis auf 35°, ja nicht selten sogar bis auf 45°. Einzelbeobachtungen über diesen Vorgang haben Müntz und Rousseaux (1), Fonseca (1), Rousseaux (2) und Dugast (1) veröffentlicht, worauf im 17. Kapitel näher einzugehen sein wird. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß sich derartige Temperaturen besonders bei der Rotweinbereitung störend bemerkbar machen. In den großen Gärbehältern, wie sie z. B. in Algier benutzt werden, treten dabei nach Sémichon (1) und Pacottet (1) nicht unerhebliche Temperaturunterschiede derart auf, daß der Most unmittelbar unter dem Tresterhut, wo die Gärung besonders lebhaft sein soll, stets beträchtlich wärmer ist als an der freiliegenden Oberfläche der Maische und am Boden des Bottichs. Unter den Nachteilen, die so hohe Gärtemperaturen mit sich bringen, fallen die Verluste an Alkohol und Bouquetstoffen und andere Veränderungen rein chemischer Art weniger ins Gewicht. Der Hauptschaden entsteht durch den ungünstigen Einfluß auf die Zusammensetzung der Gärungsflora. Während die Entwicklung und Arbeit der Hefen schon bei 35—37° so stark gehemmt wird, daß sie ihre Vermehrung und Gärtätigkeit einstellen (vgl. Bd. IV, S. 117), finden Essigbakterien, Mannit- und Milchsäurebakterien gerade bei diesen Temperaturen die besten Entwicklungsbedingungen. Die dadurch verursachten Gärungsstockungen und Weinkrankheiten sind bis vor etwa 20 Jahren auf den Weingütern Algiers so verbreitet gewesen, daß sie nach einer Angabe von Sémichon (1) im Weinhandel als das wesentliche Kennzeichen der algerischen Weine angesehen wurden und in Frankreich für einen bestimmten Geschmacksfehler der Weine geradezu die Bezeichnung „goût d'Algérie" entstehen konnte. Heute sind derartige Fehler fast völlig verschwunden, nachdem man in Algier wie in anderen südlichen Weinländern auf die Vorzüge tieferer Gärtemperaturen aufmerksam geworden ist und diese auf künstlichem Wege herbeiführt.

Die Hilfsmittel, die man dabei benutzt, sind von Meinecke (1) beschrieben und auf S. 604 des Ersten Bandes zum Teil bereits erwähnt worden. Im Anschluß daran sei hier noch auf die Darstellungen von Sémichon (1), Dugast (1) und Laborde (1) und die Untersuchungen von Müntz und Rousseaux (3) hingewiesen. Aus den verschiedenen Berichten geht hervor, daß die Technik zunächst immer bemüht ist, die Anfangstemperaturen der Moste möglichst niedrig zu halten. Die Trauben werden nur an den kühleren Morgen- und Abendstunden gelesen, nicht aber in der

Mittagszeit, wo sie nach den Beobachtungen von Müntz und Rousseaux (1) sogar wärmer sind als die umgebende Luft. Wo es möglich ist, breitet man die frisch geernteten Trauben des Nachts zu weiterer Abkühlung auf Zementtennen im Freien aus und besprengt sie in manchen Betrieben dabei auch mit Wasser, ein Verfahren, welches nach den Versuchen von Müntz und Rousseaux (4) jedoch wenig wirksam und nicht zu empfehlen ist. Bei der Einrichtung der Gärräume legt man Wert darauf, daß sie sich leicht lüften und abkühlen lassen. Unterirdische Gärkeller werden als nicht zweckmäßig angesehen, weil sie die Wärmeabgabe erschweren. Wo sie vorhanden sind, werden sie an große Ventilatoren oder an Aspiratoren angeschlossen, die ständig einen Luftstrom durch die Keller saugen, der vorher in besonderen Kühlkammern durch Wasserverdunstung abgekühlt wird. Vielfach ist auch empfohlen worden, in südlichen Weinländern nur kleinere Gärbottiche von 10—50 hl Inhalt zu benutzen, weil solche Gefäße im Verhältnis zum Inhalt eine größere Oberfläche besitzen und infolgedessen mehr Wärme durch Strahlung verlieren als die großen, 300—400 hl fassenden Gärbehälter, die auf den großen Weingütern der südlichen Weinländer sonst im Gebrauch sind. Bei der riesigen Ausdehnung der Betriebe läßt sich dieser Vorschlag gewöhnlich aber nicht verwirklichen. Deswegen haben auch die von Toutée eingeführten Gärgefäße, die aus emailliertem Eisenblech hergestellt und mit einem Leinwandüberzug versehen sind, auf den ständig Wasser herunterrieselt, nach Dugast (1) in Algier nur vereinzelt Eingang gefunden, zumal sie auch nur dann eine merkliche Abkühlung der Moste herbeiführen, wenn die Luft im Gärraum trocken und bewegt ist, was in der Regel natürlich nicht zu erreichen ist. Der Gebrauch derartiger Bottiche wird auch dadurch erschwert, daß sie ein häufig wiederholtes Durchrühren der Maischen nötig machen. Unterbleibt diese Vorsichtsmaßregel, dann stellen sich zum Nachteil der Gärung starke Temperaturunterschiede zwischen den äußeren Teilen und der Mitte des Bottichinhalts ein. Wenig empfehlenswert ist die Abkühlung der Maischen durch Umpumpen und Lüftung der Moste (remontage, soutirage au contact de l'air), wobei ein Teil des Mostes aus den Gärbottichen in Kübel abgezogen und von da aus wieder in denselben Gärbehälter hinaufgepumpt wird. Man läßt den Strahl meist durch eine Brause oder über ein rundes, mit radialen Ablaufrinnen versehenes Brett auf den Tresterhut auffallen und erreicht dabei durch die Berührung des Mostes mit der Luft nicht nur eine gewisse Abkühlung, sondern auch eine zweckmäßige Mischung der Maische. Man hat auch versucht, die Kühlung dadurch zu bewirken, daß man in die Maische selbst einen kräftigen Luftstrom einleitete. Die Temperaturerniedrigung ist bei diesem Verfahren wie bei der gewöhnlichen Remontage nach den Versuchen von Müntz und Rousseaux (5) aber so gering, daß sie neben der Wachstumsförderung, welche die Hefen durch die Lüftung erfahren, praktisch gar nicht in Betracht kommt. Auch haben Sémichon (1), Fonseca (2) und andere betont, daß bei diesem Verfahren nicht nur die Infektionsgefahr, sondern auch der Verlust an Alkohol und Bouquetstoffen außerordentlich groß ist. In einzelnen Versuchen gingen bis 1,5 Proz. Alkohol verloren. Der Hauptnachteil ist aber die dabei eintretende Oxydation der Mostbestandteile, die so stark ist, daß das Verfahren bei weißen Mosten wegen der Gefahr des Rahnwerdens (s. Bd. I, S. 681) überhaupt nicht in Anwendung kommen kann. Durch Anbringen von Eiskästen oder Kühlschlangen im Inneren der Gärbottiche erzielt man

zwar bessere Erfolge, doch hat auch dieses Verfahren wenig Verbreitung gefunden, weil es sehr hohe Betriebskosten verursacht und nur dann wirksam ist, wenn die im Inneren der Bottiche entstehenden starken Temperaturunterschiede durch öfteres Umrühren der Maische wieder ausgeglichen werden. Nach Dugast (1) sind deshalb auch die nach 5 diesem Prinzip konstruierten Gärbottiche von Ermans-Jaffa in Algier wieder aufgegeben worden.

Das beste und heute in allen südlichen Weinländern eingeführte Kühlverfahren beruht auf der Anwendung von ähnlichen Kühlern, wie sie im Brauereibetrieb benutzt werden. Man arbeitet dabei ganz ähn- 10 lich wie bei der Remontage, läßt aber den Most, bevor er wieder in den Gärbottich zurückgepumpt wird, durch einen besonderen Kühler laufen. Von diesem Apparat gibt es heute eine große Anzahl verschiedener Systeme. Bei ihrer Konstruktion ist man von praktischen Erfahrungen und den bereits auf S. 356 des Vierten Bandes erwähnten Unter- 15 suchungen Bouffard's (1) über die Gärungswärme ausgegangen, aus denen hervorgeht, daß für die Zwecke der Weinbereitung Kühler ausreichen müssen, die an Wasser die Hälfte oder das ganze Volumen des zu kühlenden Mostes brauchen. Die bekanntesten Kühler sind die Berieselungskühler von Müntz und Rousseaux (3), die von A. P. Hayne, 20 Egrot und Grangé, Guillebaud, Andrieu und Paul, Apparate, die in den Lehrbüchern von Sémichon (1), Dugast (1) und Pacottet (1) ausführlich beschrieben sind. Nach Sémichon (1) werden auch einzelne Pasteurisierapparate mit Erfolg zum Mostkühlen benutzt, worüber Astruc (1) ebenfalls Näheres berichtet. Ihre volle Leistungsfähigkeit 25 erhalten alle hier genannten Kühler allerdings erst durch die Verbindung mit Verdunstungskühlwerken, die nach Art von Gradierwerken eingerichtet sind und die Temperatur des mit 30—35° aus den Kühlern austretenden Wassers wieder soweit erniedrigen, daß es von neuem zum Speisen der Kühler benutzt werden kann. Näheres über diese Ein- 30 richtungen ist aus den oben genannten Lehrbüchern zu ersehen. Erwähnt sei noch, daß in neuester Zeit Pini (1), Astruc (2) und Pacottet (3) auch dazu angeregt haben, Eismaschinen zur Kühlung gärender Maischen zu benutzen. Um die Kühler in richtiger Weise handhaben zu können, wird die Temperatur der gärenden Maischen ständig sorgfältig über- 35 wacht, wobei nach Sémichon (1) an Stelle gewöhnlicher Maischthermometer nicht selten die von Dujardin konstruierten Maximalthermometer oder auch die selbstregistrierenden Gärthermometer von Roos und Houdaille benutzt werden. Nach Müntz und Rousseaux (6) soll der Kühler in Tätigkeit gesetzt werden, sobald die Temperatur unmittelbar unter dem 40 Traubenmark (dem sogen. Hut) auf 33° steigt. Zwar würden es die genannten Forscher (3) für besser halten, noch früher mit der Kühlung zu beginnen und sie so zu regeln, daß sich die Temperatur der Maische dauernd zwischen 25 und 30° bewegt, doch glauben sie, daß das in südlichen Weinländern nicht zu ermöglichen sein würde, ohne jeden 45 einzelnen Gärbottich dauernd an einen Kühler anzuschließen. Dugast (1) ist dagegen der Ansicht, daß zur Einhaltung dieser Temperaturgrenzen schon zwei bis drei Kühlungen genügen. Die kritische Temperatur, deren Ueberschreitung wegen der schädlichen Wirkung auf die Hefen unbedingt vermieden werden muß, liegt nach Müntz (1) bei 37°, nach 50 Dugast (1) bei 36° C. Unter den Verhältnissen des französischen Midi-Gebietes treten derartige Temperaturen in der Regel erst am zweiten Tage nach der Füllung der Gärbottiche auf, und es genügt dort auch

eine einmalige Kühlung, bei der die Temperatur des Mostes nach den Versuchen von MÜNTZ und ROUSSEAUX (6) ohne Nachteil für die Gärung bis auf 18° C herabgesetzt werden kann. Hat der Most eine sehr hohe Anfangstemperatur, dann muß er freilich auch in Südfrankreich schon
5 am ersten Tage durch den Kühler laufen. DUGAST (1) glaubt, daß es für algerische Verhältnisse richtiger ist, den Inhalt jedes Gärbottiches zwei- bis dreimal schwach zu kühlen, als nur eine einmalige starke Abkühlung der Maische vorzunehmen. Der Erfolg des Kühlverfahrens besteht nach den übereinstimmenden Angaben der Literatur in einer
10 relativ reinen Gärung, bei der reintönige, völlig durchgegorene und haltbare Weine erzielt werden.

Im Anschluß an die Besprechung dieser Methoden verdient die Tatsache Erwähnung, daß es in Frankreich, Spanien und anderen Ländern üblich ist, der Entwicklung hoher Gärtemperaturen auch in der Weise
15 entgegenzuwirken, daß die Gärung durch Zusätze von schwefliger Säure oder schwefligsauren Salzen künstlich verzögert wird. Man vergleiche darüber die Angaben von SÉMICHON (1).

Schließlich ist in diesem Paragraphen noch auf das Vormaischen einzugehen, ein Verfahren, welches der Anwendung von Reinhefen schon
20 sehr nahe steht, insofern als es ebenfalls auf einer Vorzüchtung von Hefen beruht. Der Gedanke, die Weingärung auf diesem Wege gegen Mißerfolge zu sichern, lag nahe, nachdem BREFELD (1) im Jahre 1874 auf Grund seiner damaligen Ansichten über die Gärung empfohlen hatte, im Brauerei- und Brennereibetrieb nur frisch gezüchtete „gesunde Saat-
25 hefe“ zum Anstellen zu benutzen. NEUBAUER (1) hatte auch sofort erkannt, welche Folgerungen sich daraus für die Weinbereitung ergaben, aber erst J. BERSCH (1) zeigte auf Grund eigener Versuche, wie die Praxis vorzugehen habe, um durch eine Vormaische gärkräftige Hefe zu gewinnen und die Entwicklung von Schimmelpilzen und anderen
30 Krankheitserregern bei der Weingärung zu unterdrücken. Nach der Anweisung von BERSCH (1) soll etwa zwei Tage vor der Lese eine Anzahl ganz unversehrter Trauben für sich zerquetscht, die erhaltene Maische in einem warmen Zimmer der Gärung überlassen und dann zum Anstellen der bei der Hauptlese eingebrachten Moste verwendet werden.
35 Wie daraus zu ersehen ist, handelt es sich hierbei um eine Vorzüchtung der auf den Trauben sitzenden Eigenhefen des Mostes unter Bedingungen, die ihrer Entwicklung besonders günstig sind. Da auf gesunden Beeren Keime anderer Gärungspilze in weit geringerer Zahl auftreten als auf verletzten überreifen Früchten, so ist die Hefenaussaat beim Vormaischen
40 verhältnismäßig rein, und es muß sich damit bei der vorteilhaften chemischen Zusammensetzung des Mostes und der günstigen Temperatur auch ein gärkräftiger, ziemlich reiner Hefenansatz erzielen lassen. Auf diese Erscheinungen hat seinerzeit bereits MÜLLER-THURGAU (4) hingewiesen und das Vormaischen ebenfalls empfohlen. Nach seinen Vor-
45 schlägen sollten die frisch eingemaischten Trauben mit einem Prozent Vormaische in Gärung gebracht und „im weiteren Verlaufe sodann jeder nachfolgende Bottich in gleicher Weise aus einem der vorhergehenden mit Hefe“ versehen werden. Das Verfahren war also der damals allgemein üblichen Arbeitsweise angepaßt, bei der man jede Maische ohne Ausnahme vor dem Abpressen erst angären ließ. Heute geschieht das nach dem auf S. 386 Gesagten bei der Weißweinbereitung in den meisten Betrieben nicht mehr. Trotzdem ist die Herstellung von Hefenansätzen durch Vormaischen gesunder reifer Trauben, wie manche Mitteilung in

den Fachzeitungen beweist, in der Praxis noch im Gebrauch, wenn sie auch in einzelnen Gegenden durch die Einführung der Reinhefen fast völlig verdrängt worden ist.

Das Verfahren des Vormaischens ist auch in Frankreich bekannt, wird dort aber zum Teil in einer Weise gehandhabt, der in Deutschland und 5 Oesterreich gesetzliche Bestimmungen entgegenstehen würden. Nach PACOTTET (1) soll ein derartiger Hefenansatz in der Weise hergestellt werden, daß völlig unverletzte, reife Trauben aus den besten Weinbergslagen ausgelesen, entrappt und in der üblichen Weise durch Zerquetschen eingemaischt werden. Der Säuregehalt der Maische wird durch einen Zusatz 10 von Weinsäure auf 10 Promille erhöht und die Temperatur der Mischung erforderlichenfalls durch Erhitzen eines kleines Mostanteiles auf 25° C gebracht. Um das Wachstum der Hefen zu begünstigen, soll die Maische stark gelüftet werden, indem sie alle 2–3 Stunden kräftig umgerührt oder der Most abgelassen und wieder aufgegossen wird. Nach Verlauf 15 von zwei Tagen sollen täglich auf jeden Hektoliter Maische 5 kg Zucker und 20 g Ammoniumphosphat zur Förderung der Hefenentwicklung zugegeben werden. Zweckmäßig ist der Zusatz solcher Zuckermengen wohl kaum, da sie in der Regel nur teilweise von der Hefe verarbeitet werden dürften. Nach 5—6 Tagen kann der gebrauchsfertige Ansatz 20 aus dem unteren Teile abgezogen werden. Sollen größere Mengen von Most in Gärung gebracht werden, dann wird der entnommene Hefenbrei jedesmal durch eine gleiche Menge Most ersetzt, der vorher durch Erhitzen auf 65° pasteurisiert worden ist. Der Ansatz bleibt so längere Zeit gebrauchsfähig. Ein Hektoliter davon genügt, um 30—50 hl Maische 25 sicher in Gärung zu bringen. Einen Vorteil des Verfahrens scheint PACOTTET (1) auch darin zu erblicken, daß es Hefen benutzt, die aus denselben Weinbergslagen stammen wie die Moste. Da diese Eigenhefen für den Gärton der Weine nicht selten charakteristisch geworden sind, ist diese Ansicht auch nicht unberechtigt. 30

§ 96. Gewinnung, Prüfung, Aufbewahrung, Züchtung und Versand der Hefenrassen.

Schon in den Jahren 1871—1876 kamen die Grundanschauungen, die zur Züchtung reiner Weinhefen führten, in Veröffentlichungen von J. BERSCH (2), REESS (1), NEUBAUER (1) und PASTEUR (2) zum Ausdruck, 35 allerdings ohne daß die Praxis davon zunächst irgendeinen Nutzen gehabt hätte. Auch die ersten Versuche von ROMMIER (1), ORDONNEAU (1), CLAUDON und MORIN (1), die sich in den Jahren 1883—1887 mit unzureichenden Mitteln um die Züchtung reiner Weinhefen bemühten, blieben praktisch ergebnislos. Erst als E. CHR. HANSEN's Verfahren der Hefen- 40 reinzucht vorlag, gelang es MARX (1) im Jahre 1888 mit Hilfe dieser Methode eine Anzahl von französischen Weinhefen reinzuzüchten und auf ihre Charaktere zu prüfen. In den beiden nächsten Jahren veröffentlichten ROMMIER (2 u. 3), MARTINAND (1), RIETSCH und MARTINAND (1), RIETSCH (1), PERRAUD (1) und E. KAYSER (1) einige weitere Beobachtungen 45 über reine Weinhefen, doch bestätigten sich ihre Angaben über die Rasseneigenschaften der Hefen in der Folge nur teilweise. Einen wesentlichen Fortschritt bedeuteten die Mitteilungen von MÜLLER-THURGAU (5) und FORTI (1), die in den Jahren 1890 und 1891 über die Reinzüchtung einiger Weinhefen und deren Prüfung berichten konnten. In die eigent- 50

liche Praxis der Weinbereitung waren die Reinhefen damit aber noch nicht eingeführt.

Selbst die französischen Handelsinstitute von JACQUEMIN und MARTINAND und RIETSCH, die schon in jener Zeit reine Weinhefen in den 5 Handel brachten, konnten ihren zum Teil recht lebhaft angepriesenen Kulturen zunächst nur eine sehr beschränkte Verbreitung verschaffen, zumal die Versuche, die CHUARD (1) und RAVIZZA (1) mit diesen Hefen angestellt hatten, wenig günstig ausgefallen waren. Dem ganzen Verfahren fehlte eben damals noch die nötige wissenschaftliche Grund- 10 lage. Erst als diese durch die Untersuchungen der nächsten Jahre geschaffen war, fand die neue Arbeitsweise in der Praxis rasch Eingang. Das größte Verdienst um diese Reform erwarb sich WORTMANN (2 u. 3), der in seinen Untersuchungen aus den Jahren 1892—1894 nachwies, daß auch unter den Weinhefen verschiedene, in ihren physio- 15 logischen Merkmalen voneinander abweichende Rassen vorkommen, die ihre Charaktere beim Wechsel der Nährsubstrate bewahren. Von Wichtigkeit war auch, daß WORTMANN (4—9) gleichzeitig die Mittel zur Prüfung und praktischen Verwendung der einzelnen Rassen angab. Sehr bedeutungsvoll für die Einführung der Reinhefen in die Technik der 20 Weinbereitung waren ferner die Arbeiten MÜLLER-THURGAU'S (5—13), der seine Beobachtungen ungefähr in derselben Zeit wie WORTMANN veröffentlichte. Ergänzt wurden die Arbeiten WORTMANN'S und MÜLLER-THURGAU'S namentlich durch die Untersuchungen von KAYSER (2), ADERHOLD (1 u. 2), CUBONI und PIZZIGONI (1), SCHNELL (1), KAYSER und 25 BARBA (2 u. 3), FORTI (2), NASTÜKOFF (1), LENDNER (1), SEIFERT (1), OSTERWALDER (1, 2, 3), HOLM (1) und BIOLETTI (1). Neben den Arbeiten dieser Autoren kam der Aufnahme des Reinzuchtverfahrens sehr zu statten, daß in Geisenheim, Wädenswil, Klosterneuburg und an anderen Orten staatliche Hefenreinzuchtstationen gegründet wurden, die völlige 30 Sicherheit für die Brauchbarkeit der abgegebenen Rassen boten. Heute gehört das Verfahren in allen Weinländern zum sicheren Bestand der Kellerpraxis, wenn es auch bei der Hauptgärung in manchen Gegenden, wie z. B. im Rheingau, nur beschränkte Anwendung findet. Ueber die Einzelheiten der geschilderten Entwicklung vergleiche man die zusammen- 35 fassenden Berichte von BEHRENS (1) nnd CETTOLINI (1).

Als Ausgangsmaterial für die Gewinnung reiner Weinhefen können verschiedene Stoffe dienen. Für die eigentlichen Betriebshefen benutzt man am besten Hefentrub von normal vergorenen Weinen, gärenden Most oder Wein, weil in diesen Substraten die natürliche Gärung 40 bereits eine Auslese zugunsten der praktisch verwertbaren Hefen bewirkt hat, wie sie in der Praxis auch wirklich vorkommen. Trauben oder Weinbergsboden, den z. B. MEISSNER (2) in neuerer Zeit wieder als Ausgangsmaterial für die Hefenreinzucht anführt, wird man dagegen, wie bereits ADERHOLD (1) betont hat, nur in besonderen Fällen verwenden, 45 so z. B. dann, wenn es sich darum handelt, möglichst alle Hefenrassen reinzuzüchten, die in einer bestimmten Weinbergslage und in den aus ihr stammenden Weinen überhaupt auftreten können. Das Rohmaterial wird nach der von WORTMANN (2) angegebenen Methode zunächst in reinen sterilisierten Traubenmost übergeimpft, um die Hefen in dem 50 natürlichen Organismengemisch anzureichern und, wenn nötig, aus dem Ruhestadium in den sprossenden normalen Zustand überzuführen. Wenn man von Erdboden oder Hefentrub ausgeht, wird diese Umgärung vorteilhaft in dem von ADERHOLD (1) angegebenen, umgekehrten, auf dem

Stopfen stehenden Kölbchen durchgeführt, um ein von deckenbildenden Kahm- und Schimmelpilzen möglichst freies Hefengemenge zu erhalten. Die bei dieser Ueberimpfung im Most eintretende Auslese erstreckt sich nicht nur auf eine Trennung der Hefen von anderen Gärungsorganismen, sondern führt unter Umständen auch bereits zu einer Sonderung unter den einzelnen Hefenrassen. Wie ADERHOLD (1) gezeigt hat, werden dabei namentlich langsam wachsende Rassen leicht durch raschwüchsige unterdrückt. Wo es sich um die Gewinnung technisch verwertbarer Hefen handelt, ist eine derartige Vorlese unter den einzelnen Rassen aber im allgemeinen nicht unerwünscht, ja sie muß durch zweckmäßige Wahl des Nährsubstrates sogar besonders begünstigt werden, wenn es sich um die Züchtung von Weinhefen für besondere Gebrauchszwecke handelt, wie sie z. B. durch die Rotweinbereitung, die Vergärung von stark gerbstoffhaltigen Obstsäften oder zuckerreichen Auslesemosten und die Umgärung von Weinen gegeben sind. In diesen Sonderfällen wird das Rohmaterial nach dem von MÜLLER-THURGAU (7, 8, 10, 12) ausgearbeiteten Verfahren wiederholt in sterilisierte Traubensäfte übergeimpft, die einen Zusatz von Gerbstoff, Zucker oder Alkohol erhalten haben, um die Vermehrung derjenigen Rassen zu begünstigen, die unter derartigen Ernährungsbedingungen die günstigste Gärtätigkeit entfalten; vergl. Bd. IV, S. 111. Von dem gärenden Most dieser Vorzuchten werden unter Verwendung von Mostgelatine nach E. CHR. HANSEN's Verfahren (s. Bd. IV, S. 109), seltener nach der etwas abgeänderten Methode LINDNER's (s. Bd. IV, S. 111), Einzell-Kulturen hergestellt. Wünscht man eine Trennung der Rassen nach den Wachstumsmerkmalen ihrer Kolonien vorzunehmen, dann wird noch eine Platten- oder Rollzucht eingeschaltet. Auf Einzelheiten des Verfahrens kann hier nicht eingegangen werden; man findet sie in den Darstellungen von ADERHOLD (1), MÜLLER-THURGAU (6, 7, 8, 10, 12) und MEISSNER (2).

Außerordentlich wichtig ist die Prüfung der Weinhefenrassen auf ihren Gebrauchswert. Grundlegend dafür ist der zuerst von WORTMANN (2) geführte Nachweis geworden, daß es physiologisch sehr verschiedene Hefenrassen gibt, die im Weinbergsboden, auf den Trauben und im Wein nebeneinander vorkommen. Die Abstammung der Hefen aus einer vorzüglichen Weinbergslage oder aus einem Qualitätswein bietet daher noch keine Gewähr für ihre Brauchbarkeit, vielmehr sind die gewonnenen Reinzuchten in jedem Falle auf ihre Eigenschaften zunächst sorgfältig zu prüfen, ehe sie in den technischen Betrieb eingeführt werden. Bei den mannigfaltigen Zwecken, die in der Praxis der Weinbereitung verfolgt werden, muß sich diese Prüfung auf die verschiedensten Merkmale erstrecken und auch zur Auslese einer großen Zahl sehr verschiedenartiger Rassen führen.

Im Vordergrunde stehen dabei die physiologischen Merkmale der Hefen. Nach dem von WORTMANN (2, 3, 4) und in Einzelheiten besonders von MÜLLER-THURGAU (6) ausgebauten Verfahren werden die gewonnenen Reinzuchten zunächst im Laboratorium auf ihr Verhalten in sterilem Traubenmost untersucht, wobei nach WORTMANN's (2 u. 3) Vorgehen rund eine Million bis höchstens zehn Millionen Zellen in 250 bis 1000 ccm Most ausgesät werden. Die Prüfung erstreckt sich in erster Linie auf den gesamten Gärverlauf, vor allem auf die Vermehrungsgeschwindigkeit (s. Bd. IV, S. 115) und Gärungsenergie der Hefen, weil es von diesen Eigenschaften abhängig ist, ob eine Rasse die natürlichen Gärungserreger des Mostes unterdrücken kann oder nicht. Weiter sind

festzustellen die Größe der Kohlensäure-Abgabe zur Zeit der stärksten Gärung, die Gärdauer und der endgültige Vergärungsgrad (vgl. S. 146), praktisch sehr wichtige Merkmale, in denen sich die einzelnen Hefenarten weitgehend voneinander unterscheiden. Beispiele dafür bieten 5 namentlich die Untersuchungen von WORTMANN (2) und MÜLLER-THURGAU (6), von denen der letztere bei einer Prüfung von 25 Weinhefen beobachtet hat, daß die aus einem Liter Most im Verlauf von 12 Stunden entwickelten Kohlensäuremengen zur Zeit der stärksten Gärung zwischen 4,51 und 10,65 g, die Gärdauer zwischen 19 und 46 Tagen und der Al-10 koholgehalt der erzielten Weine zwischen 5,7 und 10,08 Gewichtsprozenten schwanken können. Die Prüfung ist ferner auszudehnen auf die Schaumbildung, an der die Hefen nach den Beobachtungen MÜLLER-THURGAU's (6) mitbeteiligt sind, auf die Trübung bei der Gärung und im Zusammenhang damit auch auf die Klärung der gärenden Weine und die besonders 15 für die Schaumweinbereitung bedeutungsvolle Sedimentierungsart der Hefen. Sehr sorgfältig muß schließlich die Einwirkung der einzelnen Rassen auf die Qualität der Weine geprüft werden, wobei im wesentlichen auf die Alkoholausbeute, die Kohlensäuremenge, die Glycerinbildung und insbesondere auf Quantität und Qualität der erzeugten Geruchs-20 und Geschmackstoffe zu achten ist. Wenn auch die zuerst von ROMMIER (2) vertretene und später von einzelnen Handelslaboratorien zu Geschäftszwecken ausgebeutete Ansicht, wonach die Weinhefen die Blume der Weine erzeugen und das Bouquet edler Weine auf geringe Moste übertragen können, durch die Arbeiten von MÜLLER-THURGAU (6, 7, 14), WORT-25 MANN (2) und SÉMICHON (2) längst als irrig erwiesen ist, so hat sich andrerseits doch gezeigt, daß gerade die von den Hefen erzeugten Gärungsbouquette (s. Bd. IV, S. 394) für die Auslese der Rassen ausschlaggebende Bedeutung erlangen können. Allerdings ist die Prüfung nach dieser Richtung durch Laboratoriumsversuche nicht allein zu erbringen, weil das Bouquet der 30 Weine erst im Fasse ganz zur Entwicklung kommt. Es ist also in dieser Beziehung die weiter unten noch zu erwähnende Nachprüfung der Hefen im praktischen Betriebe unerläßlich.

Besondere Gebrauchszwecke können noch eine weitergehende Prüfung erfordern. Hefen für die Vergärung von roten Trauben müssen auf ihr 35 Verhalten in Rotweinmaischen besonders untersucht werden, da MÜLLER-THURGAU (8) gezeigt hat, daß Hefen, die sich bei der Weißweinbereitung bewähren, bei der Rotweingärung weniger gute Erfolge aufweisen können. Bei den Hefen für südliche heiße Weinbaugebiete ist nach dem zuerst von KAYSER (2) und FORTI (2) befolgten Verfahren die Empfindlichkeit 40 gegen höhere Temperaturen zu ermitteln. Umgekehrt wird es in manchen Fällen, wie bei der Gewinnung von Hefen für nördliche Weinbaugebiete oder für die von ASTRUC (2) neuerdings empfohlene Vergärung in Kühlräumen, notwendig sein, die Hefen auf ihr Gärvermögen bei niederen Temperaturen zu prüfen.

45 Nach den Ermittlungen von MÜLLER-THURGAU (8 u. 15) und MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1 u. 2) sind auch die für die Obstweinbereitung berechneten Hefen einer besonderen Prüfung zu unterziehen, bei der die Gärkraft und die Einwirkung der Hefen auf die Qualität der Obstweine, insbesondere auch die Menge der entstehenden flüchtigen und 50 der für säurearme Birn- und Apfelmoste wertvollen nichtflüchtigen Säuren (s. Bd. IV, S. 378 u. 384) zu bestimmen sind. Eine nützliche Ergänzung des üblichen Prüfungsverfahrens, die durch die in der Weinbereitung gebotene Verwendungsart der Reinhefen bedingt wird, ist das von MÜLLER-

THURGAU und OSTERWALDER (1) bei der Prüfung von Obstweinhefen benutzte Verfahren, die Gärtätigkeit der Reinhefen in nicht sterilen Mosten schon im Laboratoriumsversuch festzulegen, um so Anhaltspunkte für das Zusammenwirken der Reinhefen mit den Eigenhefen und den übrigen natürlichen Gärungserregern des Mostes zu gewinnen. 5

Die auf Grund der Laboratoriumsversuche ausgelesenen Rassen werden nach WORTMANN (4) und MÜLLER-THURGAU (7) in praktischen Betrieben nochmals auf ihr Verhalten geprüft und erst dann, wenn sie bei Versuchen im Fasse sich unter den in der Praxis gegebenen Verhältnissen bewährt haben, für die Verwendung im Großen bereitgehalten. 10

Von verschiedenen Seiten ist versucht worden, die in Kultur genommenen Weinhefen morphologisch zu charakterisieren. Nach den Untersuchungen von ADERHOLD (1) und OSTERWALDER (1) gehören die bekannten Rassen, wie schon auf S. 174 u. 176 des Vierten Bandes bemerkt worden ist, zu den untergärigen Formen aus den Verwandten- 15 kreisen der beiden Arten *Saccharomyces Pastorianus* E. CHR. HANSEN und *Sacch. ellipsoideus* E. CHR. HANSEN. Unter den deutschen Weinhefen tritt nach ADERHOLD (1) vorwiegend *Sacch. ellipsoideus* auf, jedoch ist bei dieser Angabe die Beobachtung OSTERWALDER's (2) zu beachten, wonach Rassen, die in Obstmosten oder Würze pastoriane Zellen 20 bilden, in Traubenmost ellipsoide Tochterzellen hervorbringen. In französischen, italienischen und in russischen Krimweinen kommen nach ADERHOLD (1) mehr pastoriane Formen vor, wonach sich wenigstens vermuten läßt, daß zu den Südweinhefen vorzugsweise Rassen des *Sacch. pastorianus* gehören. Sicher sind zu dieser Art zahlreiche von OSTER- 25 WALDER (1) und MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) isolierte Obstweinhefen zu rechnen. Nicht unerwähnt sei, daß E. KAYSER (1) in französischen Apfelweinen auch eine andere Art nachgewiesen hat, den obergärigen *Saccharomyces mali* DUCLAUX (s. Bd. IV, S. 180), der an der Entstehung des Ciderbouquets beteiligt sein soll. Einzelne Unterschiede 30 in der Zellengröße und Zellform der Rassen haben ADERHOLD (1), MÜLLER-THURGAU (6), BEHRENS (2), sowie KAYSER und BARBA (3) nachgewiesen. Auch die Ring- und Hautbildung (s. Bd. IV, S. 12) der Weinhefen bietet nach den Beobachtungen von ADERHOLD (1), CUBONI und PIZZIGONI (1) und OSTERWALDER (1) Anhaltspunkte für die Unterscheidung der Rassen. 35 Wesentliche Abweichungen treten nach den Untersuchungen von MARX (1), ADERHOLD (1), KAYSER (1 u. 2), MÜLLER-THURGAU (6), KAYSER und BARBA (3), NASTÜKOFF (1), SEIFERT (2) und OSTERWALDER (1, 2, 3) bei der Sporenbildung der einzelnen Rassen auf. Endlich sind die Bodensatzformen und das Aussehen der Stich- und Strichzuchten auf festen Nährböden 40 und die Form der Riesenkolonien zur Charakteristik der Weinhefen benutzt worden; worüber man außer den bereits genannten Arbeiten auch die Untersuchungen von LENDNER (1) und BIOLETTI (1) vergleiche.

Im allgemeinen hat sich feststellen lassen, daß den Verschiedenheiten in der Gärtätigkeit auch Unterschiede in den morphologischen 45 Eigenschaften und den Wachstumsmerkmalen der Weinhefen entsprechen, so daß also, worauf schon ADERHOLD (1) hingewiesen hat, eine Analyse der einzelnen Rassen in ähnlicher Weise, wie sie HANSEN für die Bierhefen durchgeführt hat, bei den Weinhefen ebenfalls möglich ist. Sichere Anhaltspunkte für den Gebrauchswert der Hefen bieten die morpholo- 50 gischen Kennzeichen der Rassen aber nicht, weil sie nach den vorliegenden Erfahrungen zu dem Verhalten der Hefen bei der Gärtätigkeit in keiner festen gesetzmäßigen Beziehung stehen. So hat auch MÜLLER-THURGAU (5)

schon darauf aufmerksam gemacht, daß die von HANSEN zur Diagnose der Bierhefenrassen benutzte Sporenbildung für die Bewertung der Weinhefenrassen nichts aussagt, und betont, daß die Zeit der Sporenbildung bei der einzelnen Weinhefenrasse nicht unbeträchtlich nach den vorausgegangenen Lebensverhältnissen der Hefen, insbesondere nach der Beschaffenheit der Nährflüssigkeiten, schwankt. Nach ADERHOLD (1) wäre es allerdings möglich, daß die Sporenbildung unter gewissen Bedingungen Aufschlüsse über das Gärvermögen der Weinhefen gibt. Seine Versuche haben gezeigt, daß Hefen, deren Sporenbildung durch verlängerte Anzucht stärker verzögert wird, sich im allgemeinen auch durch geringere Gärkraft und längere Gärdauer anszeichnen. Eine weitere experimentelle Begründung dieser Ansicht steht aber noch aus. Auch die ältere Beobachtung MÜLLER-THURGAU's (6), wonach die Strichzuchten der besseren Weinhefen in der Regel schneeweiß, ziemlich glatt und auf der Oberfläche glänzend, die der geringwertigen Hefen dagegen sehr häufig am Rande gefranst sind, wäre hier anzuführen. Als Gesamtergebnis der vorliegenden Beobachtungen ist trotzdem anzusehen, daß die morphologischen Kennzeichen der Weinhefen und die Wuchsmerkmale ihrer Kolonien zwar für die Isolierung der Rassen von großer Wichtigkeit sind, für die Prüfung der Rassen auf ihre Verwendungsfähigkeit zurzeit aber kaum in Betracht kommen.

Die Aufbewahrung der Reinzuchten geschieht nach den auf S. 112 des Vierten Bandes angegebenen Verfahren. Von den Rassen, die für den Versand regelmäßig gebraucht werden, stellt man Reagensglaskulturen in sterilem Most her und erneuert diese je nach dem Verbrauch an Hefen in kürzeren oder etwas längeren Zwischenräumen. In derselben Weise werden auch seltener gebrauchte Rassen aufbewahrt, nur mit dem Unterschiede, daß eine Ueberimpfung in frischen Most nur monatlich einmal oder noch seltener vorgenommen wird. Weinhefen vertragen diese Art der Aufbewahrung verhältnismäßig gut und können nach den Beobachtungen MÜLLER-THURGAU's (5), die durch Geisenheimer Erfahrungen bestätigt werden, in vergorenem Most gegen zehn Monate lebend und gärfähig bleiben. Voraussetzung ist dabei, daß die Kulturen in kühlen Räumen stehen, wo die Verdunstung der Aufbewahrungsflüssigkeit möglichst gering ist und die Hefen nicht entarten. Ebenso können die Reinzuchten von Weinhefe, wie MÜLLER-THURGAU (5) zuerst festgestellt hat, auch als Strich- oder Stichzuchten auf Mostgelatine oder Mostagar über ein Jahr lebensfähig erhalten werden. Zweckmäßig versieht man derartige Kulturen mit einem luftdichten Verschluß, indem man den Wattebausch in die Reagensgläser einschiebt und nach dem Abbrennen mit etwas geschmolzenem Paraffin vorsichtig übergießt. Neben den Mostzuchten sind in den Hefenreinzuchtstationen noch Stammzuchten vorhanden, die nach HANSEN's Saccharoseverfahren (s. Bd. IV, S. 113) hergestellt sind. Sie dienen für längere Aufbewahrung und werden in der Weise angefertigt, daß aus einer jungen kräftigen, in Most angezüchteten Hefenvegetation der vergorene Wein abgegossen und eine Spur der zurückbleibenden Satzhefe in ein Freudenreich-Kölbchen übertragen wird, welches 10 ccm sterile zehnprozentige Saccharoselösung enthält.

Bei der Züchtung der Reinhefen kommen Hefenreinzucht-Apparate nicht zur Verwendung. MÜLLER-THURGAU (11) nimmt die Vermehrung nach einer Mitteilung vom Jahre 1897 in 8—10 Liter fassenden Glasflaschen vor, deren Boden nach unten trichterförmig vertieft ist, um eine

bessere Durchlüftung der Züchtungsflüssigkeit zu ermöglichen und das Absetzen und Abziehen der Hefen zu erleichtern. Die Gefäße stehen auf eisernen Dreifüßen und sind mit einem doppelt durchbohrten Stopfen verschlossen, durch den eine Röhre bis auf den Boden, eine andere bis unter den Stopfen reicht. Beide Glasröhren sind über dem Stopfen rechtwinklig abgebogen und mit Luftfiltern verbunden. Der zur Anzucht dienende Most wird in diesen Gefäßen durch Einleiten von Dampf bei 80° sterilisiert. Wortmann (10) benutzt zur Anzucht Gärflaschen von etwa 600 ccm Inhalt, die mit 400 ccm Most beschickt und mit Wattebäuschen und Glaskappen verschlossen sind. Die gefüllten Zuchtgefäße werden in strömendem Dampf 30 Minuten lang erhitzt und nach dem Abkühlen mit der Nadel beimpft.

Als *Anzuchtflüssigkeit* für die zur Traubenweinbereitung dienenden Hefen darf in Deutschland nach den Bestimmungen des Weingesetzes nur Traubenmost verwendet werden. Die Geisenheimer Hefenreinzuchtstation benutzt ausschließlich deutsche natürliche Traubensäfte, die nach einem von Aderhold (1) und Meissner (3) beschriebenen Verfahren zur Zeit der Traubenlese in größeren Mengen konserviert werden. Einen Ersatz für natürlichen Traubenmost bietet der von Müller-Thurgau (11) und früher auch von Wortmann (11) benutzte konzentrierte italienische Most (s. S. 70). Für die Anzucht von Obstweinhefen werden in Wädenswil nach Müller-Thurgau (11) auch Obstsäfte gebraucht. Die Vermehrung in Rosinenauszügen, künstlichen Nährlösungen oder in Mosten, die durch Zusätze chemisch verändert worden sind, scheint in manchen französischen Handelsbetrieben zwar noch üblich zu sein, ist in Deutschland aber unzulässig und hat nach den Beobachtungen Müller-Thurgau's (6) auch den Nachteil, daß sie die Hefenausbeute nach Menge und Beschaffenheit herabsetzt.

Meinungsverschiedenheiten bestehen noch über die Zweckmäßigkeit der *Lüftung*. Müller-Thurgau (6) läßt die Kulturen zur Vermehrung der Ausbeute (vergl. Bd. IV, S. 122) lüften, betont aber, daß diese Behandlung auf den ersten Abschnitt der Anzucht zu beschränken ist. Wortmann (9) hat einen nachteiligen Einfluß der Lüftung auf die Gärtätigkeit der Hefen zwar nicht nachweisen können, bei einer mikroskopischen Untersuchung aber beobachtet, daß dauernd gelüftete Hefen einen weit schlechteren Ernährungszustand zeigen als ungelüftete. Da für gewisse Zwecke der Weinbereitung, wie für die Umgärung und Durchgärung von Weinen, die der Hefe ein wenig günstiges Nährmaterial liefern und ihre Lebenstätigkeit durch den vorhandenen Alkohol stark beeinträchtigen, aber nur Hefen von günstigstem Ernährungszustand und großer Widerstandsfähigkeit wirklich brauchbar sind, hält es Wortmann (9) für das Richtigste, bei der Vermehrung der Weinhefen von einer Durchlüftung der Kulturen ganz abzusehen. Jedenfalls steht danach fest, daß es für die Qualität der Hefen nachteilig ist, wenn den Kulturen während der ganzen Zeit der Anzucht Luft zugeführt wird. Eine auf die ersten Stunden der Kultur beschränkte Lüftung dürfte für die Anregung des Hefenwachstums aber zweckmäßig sein, weil die zur Anzucht dienenden Moste durch das Pasteurisieren völlig entlüftet werden. Die Temperatur der Kulturflüssigkeit wird in Geisenheim konstant auf 20° C gehalten. Die Anzucht dauert dabei 4–6, höchstens aber 8 Tage.

Zum *Versand* gelangt in den staatlichen Instituten nur die Bodensatzhefe. Der vergorene Most wird unmittelbar vor der Abgabe

der Hefen an die Praxis vorsichtig abgegossen oder abgezogen. Die Geisenheimer Station verschickt ihre Hefen im Inland in kleinen, zur Hälfte gefüllten Champagnerfläschchen, die mit verschnürten und verlackten Korken verschlossen sind und die Bodensatzhefe aus 400 ccm Most enthalten. Beim Versand der Hefen nach überseeischen Ländern kommt das auf S. 105 bereits erwähnte Verfahren Hansen's zur Anwendung. Die Bodensatzhefe wird auf etwas keimfreie, entfettete Watte aufgeträufelt, die sich in kleinen, bei 140° trocken sterilisierten Flaschen befindet. Der Verschluß dieser Gefäße wird ebenfalls durch verschnürte, mit Flaschenwachs überzogene Korken bewirkt. An ihrer Stelle genügt nach Meissner (2) aber auch ein steriler, mit Pergamentpapier überbundener Wattebausch. Dieselbe Art des Versandes haben auch andere Staats-Institute eingeführt, nur werden an Stelle der Champagnerflaschen vielfach andere Behälter, in Klosterneuburg nach Seifert (3) z. B. starkwandige Flaschen mit Patentverschluß, als Versandgefäße benutzt. Die Versuchsstation in Wädenswil gibt die Reinzuchten in Form eines dünnen Hefenbreies ab, der aus etwa 1,5 l Traubenmost gezüchtet ist und in 50 ccm-Flaschen abgefüllt wird. Nach Bestimmungen Müller-Thurgau's (13) enthält jede derartige Kultur mindestens 50 Milliarden vermehrungsfähige Hefenzellen. Handelsinstitute verschicken teilweise noch in größeren Behältern die gesamte Züchtungsflüssigkeit mit der gebildeten Hefe. Auch sei erwähnt, daß einige französische Hefenfabriken in neuerer Zeit unter dem Namen „Gelolevures“ Agarzuchten von Weinhefen an die Praxis abgeben. Audibert (1) hat vor ihrer Anwendung mit dem Hinweis gewarnt, daß nach praktischen Erfahrungen und Beobachtungen Rosenstiehl's (2) die Gärfähigkeit derartiger Hefenzuchten nicht einwandfrei sein dürfte. Die Landw.-chem. Versuchsstation in Graz hat mit dem Versand von Hefenagarzuchten in Reagensgläsern nach Löschnig (1) gute Erfolge in der Praxis erzielt. Nicht unwesentlich ist es, zu betonen, daß eine biologische Prüfung der Reinzuchten bei der Abgabe von Weinhefen besonders wichtig ist, weil unter den praktischen Verhältnissen der Weinbereitung nicht immer günstige Bedingungen für die Entwicklung der Reinhefen gegeben sind. In Geisenheim werden deshalb alle Zuchten unmittelbar vor dem Versand mikroskopisch untersucht und nur solche Hefen verschickt, die sich in günstigstem Ernährungszustand befinden. Hefenzuchten, die älter als acht Tage sind, kommen überhaupt nicht zum Versand.

§ 97. Die Anwendung von Reinhefen bei der Hauptgärung der Traubenweine.

Die Reinhefen haben für die Weinbereitung nicht nur deshalb Bedeutung, weil sie die Weingärung von vielen Zufälligkeiten befreien und im Verlauf sicherstellen. Ihr Wert beruht hier sehr wesentlich auch darauf, daß sie bei richtiger Auswahl die Qualität des Weines beträchtlich verbessern. Mittelbar wird das schon dadurch erreicht, daß sie schädliche Gärungserreger unterdrücken und so die Entstehung nachteiliger Gärungsprodukte verhüten. Neben dieser Wirkung, die in der „Reintönigkeit“ der Weine zum Ausdruck kommt, können sie den Wert des Weines aber auch unmittelbar durch die Produkte ihres eigenen Stoffwechsels bedeutend erhöhen. Die besonderen, von der Traubensorte abhängigen Merkmale der Hochgewächse vermögen die Hefen, wie auf

S. 396 bereits erwähnt ist, allerdings nicht zu übertragen, wohl aber macht sich ihr Einfluß in dem Mengenverhältnis derjenigen Weinbestandteile, die bei der Gärung entstehen, insbesondere des Alkohols, der Kohlensäure, der flüchtigen und nichtflüchtigen Säuren und des Glycerins deutlich bemerkbar. Auch sind die Hefen an der Entstehung der Blume durch die Bildung von Gärungsbouquetten, vielleicht auch durch Enzymwirkungen (s. Bd. I, S. 654 u. 658) mitbeteiligt, wenn auch wahrscheinlich nicht in dem Grade, wie Rosenstiehl (3) annimmt. Nach den schon erwähnten Untersuchungen Wortmann's (2) und Müller-Thurgau's (6) unterscheiden sich die einzelnen Rassen der Weinhefe auch in diesen Lebensäußerungen so weitgehend, daß jede Rasse nach einem Ausdruck Wortmann's (10) ihren besonderen „Gärton" zeigt. Es erhellt schon daraus, daß bei der Anwendung des Reinzuchtverfahrens in der Praxis der Weinbereitung die Auswahl der Hefenrassen von großer Bedeutung ist. Soweit der Gärton der Hefen dabei in Rechnung zu ziehen ist, bieten die Beobachtungen von Müller-Thurgau (7 u. 8) und Wortmann (3, 4, 7) einen gewissen Anhaltspunkt; denn aus ihnen geht hervor, daß sich unter den reingezüchteten Weinhefen ganz charakteristische Gruppen bemerkbar machen, die den Abstammungsgebieten der Hefen entsprechen. So zeigen die Rheinweinhefen, so verschieden sie untereinander sind, doch wieder einen gemeinsamen Charakter, der sie von anderen unterscheidet. Dasselbe trifft bis zu einem gewissen Grade für die Hefen des Moselgebietes, der Champagne und anderer Weinbaugegenden zu. Nach den genannten Forschern dürfte sich diese Erscheinung durch die Tatsache erklären, daß die Hefen in jedem dieser Gebiete unter annähernd denselben natürlichen Züchtungsbedingungen gestanden haben. Da in solchen Gegenden, wo Klima und Boden ziemlich den gleichen Einfluß auf die natürlich vorkommenden Hefen ausüben, meist auch nur eine einzige Traubensorte angebaut wird, hat die natürliche Auslese Hefenrassen gezüchtet, die nicht nur im Gärton Uebereinstimmung aufweisen, sondern an die Traubensäfte der in diesen Gegenden heimischen Traubensorten auch besonders angepaßt erscheinen. Es empfiehlt sich daher im allgemeinen, die Moste mit den Hefen ihrer eigenen Produktionsgebiete, Rheinweinmoste also z. B. mit Rheinweinhefen, zu vergären, zumal der diesen Hefen eigentümliche Gärton für die Weine vielfach charakteristisch geworden ist. Praktische Erfahrungen haben in der Tat gezeigt, daß dieses Verfahren die besten Erfolge gewährt. Curtel (1) und Fernbach (1) haben noch besonders darauf hingewiesen, daß dieser Weg sich auch deshalb empfiehlt, weil im allgemeinen nur solche Reinhefen, die dem Charakter des Weines entsprechen, imstande sein werden, die Eigenhefen rechtzeitig zu unterdrücken. Selbstverständlich wird es in manchen Fällen aber auch zweckmäßig sein, die Hefen fremder Weinbaugebiete in den Betrieb einzuführen, so z. B. dann, wenn eine Aenderung des gewohnten Weincharakters erwünscht ist, nach Wortmann (10) auch in solchen Weinbaugegenden, wo die Kultur der Rebe neu eingeführt ist und günstig wirkende Rassen unter den heimischen Reben fehlen. Nach Müller-Thurgau (13) muß bei der Auswahl der Hefen auch lokalen Verschiedenheiten eines Weinbaugebietes insofern Rechnung getragen werden, als die Moste hervorragender Weinbergslagen, wie sie z. B. im Rheingau gegeben sind, am besten mit den ihnen eigenen Rassen zur Vergärung kommen. Bei der Herstellung von Massenweinen bestimmter Herkunft ist es dagegen für den Absatz vielfach vorteilhafter,

nur eine einzige günstig wirkende Hefenrasse für die Vergärung zu benutzen.

Besondere Hefen sind für die Rotweinbereitung erforderlich. Müller-Thurgau (8, 10, 12, 13) hat durch Versuche, die bereits auf S. 396 erwähnt sind, festgestellt, daß Hefen, die sich für weiße Moste vorzüglich eignen, bei der Vergärung roter Traubenmaischen oft verhältnismäßig langsames Wachstum und geringe Gärkraft zeigen. Nach Wortmann (10) empfiehlt sich für die Vergärung von roten Maischen die Verwendung besonderer Rotweinhefen auch schon deswegen, um den gewohnten Gärungston der Rotweine sicher zu erzielen.

Daß für die Wahl der Hefenrassen bei den verschiedenen Zwecken der Weinbereitung auch noch andere Gesichtspunkte maßgebend sein müssen, ergibt sich schon aus dem Inhalt des vorhergehenden Paragraphen. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß hoher Zuckergehalt, wie er bei Auslesemosten auftritt, die Verunreinigung der Moste durch Schimmelbildung und andere Krankheitserreger, ungewöhnlich hohe oder niedere Gärtemperaturen die Benutzung bestimmter, unter diesen Bedingungen noch gärkräftiger Rassen nötig machen. Auf die Auswahl der Hefen für besondere Zweige der Weinbereitung wird in den folgenden Paragraphen näher einzugehen sein.

Ungelöst ist noch die Frage, ob es unter allen Umständen richtig ist, sich bei der Anwendung von reinen Weinhefen stets auf eine einzige Rasse zu beschränken. Ausgehend von der Beobachtung, daß jeder spontan vergorene Wein mehrere sehr verschiedene Hefenrassen enthält, hat schon Wortmann (2) die Vermutung ausgesprochen, daß es für die Praxis manchmal vielleicht vorteilhaft sein würde, zur Vergärung der Moste nicht eine einzige Hefenrasse, sondern ein Gemenge von mehreren in ihren Eigenschaften bekannten Reinhefen zu benutzen. Aehnliche Ansichten haben auch Jacquemin (1) und Dubourg (1) vertreten. Diese Anregungen sind bisher aber ebenso fruchtlos geblieben wie der Versuch Peglion's (1), durch Analyse der in spontan vergorenen Weinen auftretenden natürlichen Hefengemische eine Grundlage für die Anwendung von Hefengemengen zu schaffen. Auch vereinzelte Beobachtungen Müller-Thurgau's (9) über das Zusammenwirken verschiedener Hefenrassen in Traubenmosten haben zu weiteren Versuchen über diese Frage nicht geführt. Rosenstiehl (4) fand, daß Mischungen von verschiedenen Hefenrassen in der Bouquetbildung den Einzelrassen durchaus nicht überlegen sind. Heute wird jedenfalls überall da, wo das Reinzuchtverfahren in die Praxis der Weinbereitung Eingang gefunden hat, jeder Most und jeder Wein nur mit einer einzigen Hefenrasse versetzt.

Was die Technik des Verfahrens anbelangt, so ist sehr zu beachten, daß bei der üblichen Arbeitsweise eine wirkliche Reingärung nicht erzielt wird. Die Reinhefen werden den unsterilisierten Mosten zugefügt und gelangen hier nicht allein, sondern zusammen mit den eigenen Gärungserregern des Mostes zur Wirkung. Den Erfolg des Reinzuchtverfahrens sucht man dadurch zu sichern, daß man dem Mostgut die Reinhefe nach den Anweisungen von Wortmann (6 u. 10) und Müller-Thurgau (6, 7, 13) so zeitig und in solcher Menge zusetzt, daß sie die Eigenorganismen der Trauben durch ihre eigene Vermehrungs- und Gärtätigkeit rasch unterdrückt. Die dazu nötigen Hefenmengen werden von den Hefenreinzucht-Stationen nicht direkt geliefert, sondern mit Hilfe der Versandhefen in den praktischen Betrieben selbst herangezüchtet. Nach dem von der Geisenheimer Anstalt empfohlenen

Verfahren hat das in der Weise zu geschehen, daß mit den zurzeit der Lese bezogenen Reinzuchten (vergl. S. 400) zunächst 10—20 Liter vorher durch Aufkochen sterilisierten Mostes in Gärung gebracht werden. Diese Hefenvegetation dient entweder direkt zur Aussaat oder bei der Verarbeitung von großen Traubenmengen auch zur Bereitung eines 5 größeren Hefenansatzes, der mit 100 Litern frisch gekelterten, noch nicht gärenden und nicht aufgekochten Mostes in einem mit Gärspund und Zapfhahn versehenen Fasse hergestellt wird. Müller-Thurgau (1 u. 7) hat ursprünglich versucht, die von ihm abgegebenen Hefen den Mosten direkt zusetzen zu lassen, später das eben beschriebene Verfahren von 10 Wortmann (6 u. 10) in etwas abgeänderter Form wegen der dabei zu erreichenden Auffrischung der Reinzuchten ebenfalls empfohlen. Dieselbe Verwendungsart wird von anderen Instituten vorgeschrieben, worüber man die Angaben von Seifert (3), Kulisch (2), Meissner (2) und Rousseaux (3) vergleiche. Französische Handelsinstitute bieten aller- 15 dings vielfach Weinhefen zur direkten Aussaat an („Multilevures Jacquemin“), doch haben Fernbach (1), und Ventre (1) entgegen diesen Anpreisungen erst in neuester Zeit wieder betont, daß die Herstellung eines Hefenansatzes auch bei derartigen Hefen nicht umgangen werden darf. Die Vorzüge der geschilderten Anzuchtmethode liegen auch klar 20 zutage. Das Verfahren liefert der Praxis die Reinhefen in ausreichender Menge und in einem Entwicklungszustande, in dem sie in kräftigster Gärtätigkeit begriffen sind und die Sicherheit bieten, daß sie die Eigenorganismen der Moste nicht aufkommen lassen. Dagegen ist bei direkter Uebertragung der Versandhefen in das Mostgut immer mit der Möglich- 25 keit zu rechnen, daß die Reinhefen überhaupt nicht zur Wirksamkeit gelangen. In den Versandzuchten gehen die Hefen nämlich leicht in den Ruhezustand über. Wie Müller-Thurgau (6) gezeigt hat, brauchen ruhende Hefen nach der Ueberimpfung in frischen Most aber stets einige Tage, bis sie Wachstum und Gärtätigkeit wieder aufnehmen. Bei der 30 Verwendung solcher Hefen in der Praxis finden daher die Eigenhefen des Mostes Zeit, sich so stark zu vermehren, daß die Reinhefen einen wesentlichen Einfluß auf den Verlauf der Gärung nicht mehr gewinnen.

Die Aussaatmengen sind durch Versuche von Müller-Thurgau (5, 6, 13) und Wortmann (8) festgelegt worden. Müller-Thurgau (13) 35 hat nach mehrjährigen Versuchen empfohlen, den Zusatz so zu bemessen, daß auf jeden Liter Traubenmost 100 Millionen Hefenzellen kommen. Um den Most in den Zustand des „Federweißen“, d. h. in lebhafte Gärung zu bringen, braucht sich dann jede Zelle nur um das 25-fache zu vermehren, wozu bei günstiger Temperatur nur 24—48 Stunden nötig sind. 40 Diese Verhältnisse werden verwirklicht, wenn eine Versandhefe der Versuchsstation Wädenswil direkt 500 Litern Most zugesetzt wird oder auf je 100 Liter Traubensaft 2 Liter Vermehrungsmost aus einem Hefenansatz zugegeben werden, der mit einer solchen Versandzucht in der weiter oben beschriebenen Weise hergestellt ist. Wortmann (8, 10, 13) 45 hat bei seinen Versuchen festgestellt, daß die Größe der Hefenaussaat einen chemisch nachweisbaren Einfluß auf das Endergebnis der Gärung nicht ausübt, ist aber bei Gärversuchen in der Praxis zu der Erkenntnis gelangt, daß geringe Moste am besten mit 0,5—1 Proz., bessere zuckerreiche Moste, in welchen die Entwicklung der Hefen wegen des hohen 50 Extraktgehaltes langsamer erfolgt, dagegen zweckmäßiger mit 1—2 Proz. Reinhefe zu vergären sind. Unter „Reinhefe“ ist in diesem Falle der mit dem gebildeten Hefendepot vermischte gärende Anstellmost eines

Hefenansatzes zu verstehen. Bei Anwendung langsam wachsender Heferassen, niedriger Gärtemperatur und der Verarbeitung fauler, stark mit Krankheitserregern verunreinigter Trauben ist es zweckmäßig, den Hefenzusatz zu erhöhen. Zu große Mengen von Reinhefe dürfen aber nicht benutzt werden. Wenn sich dabei auch gewisse Vorteile des Reinzuchtverfahrens noch deutlicher bemerkbar machen, so namentlich die stürmische Gärung und das Gärungsmaximum zeitiger eintreten und dabei eine höhere Gärungsintensität erreicht wird, so bringt eine zu stürmische Gärung nach den Beobachtungen von Müller Thurgau (6), Wortmann (8) und Kulisch (3) doch auch manche Nachteile mit sich. Vor allen Dingen besteht dabei die Gefahr, daß dem gärenden Weine wertvolle Bouquetstoffe in großer Menge entrissen werden.

Der *Zeitpunkt des Hefenzusatzes* ergibt sich aus der Ueberlegung, daß den Eigenorganismen der Moste keine Zeit gelassen werden darf, sich selbst stärker zu vermehren. Die Hefe muß dem Mostgut daher so zeitig wie möglich, jedenfalls aber vor Eintritt der Rohgärung zugefügt werden. Nach den Erfahrungen von Müller-Thurgau (13) und Wortmann (6) ist es unter Umständen sogar das zweckmäßigste, sie schon im Weinberge der frisch hergestellten Maische zuzumischen. In trockenen und warmen Herbsten, in denen sich die Eigenhefen der Trauben auf den vollreifen, zum Teil geplatzten Früchten reichlich entwickeln und die Moste mit hohen Anfangstemperaturen in den Gärkeller kommen, ist das nach Wortmann (6) besonders notwendig. Der Vorschlag Müller-Thurgau's (26), die Reinhefen direkt in den Weinbergsboden auszusäen, um schon das natürliche Hefengemisch der Trauben zu verbessern, ist auf S. 351 des vorliegenden Bandes bereits besprochen.

Die *Vorteile*, die sich aus der Anwendung reiner Hefen bei der Herstellung von Traubenweinen ergeben, sind von Wortmann (10), Müller-Thurgau (6 u. 13), Meissner (2), Seifert (2 u. 3), Kulisch (2 u. 3) und anderen Forschern wiederholt klargelegt worden. Sie bestehen im wesentlichen darin, daß die Moste schneller und vollständig vergären, so daß die Gärdauer abgekürzt wird, und mit Nachgärungen nicht zu rechnen ist. Die erhaltenen Weine klären sich erfahrungsgemäß leicht, bauen sich verhältnismäßig rasch aus und sind im Geruch und Geschmack entschieden reiner als bei der Zufallsgärung. Auch die Traubenbouquette kommen bei ihnen stärker zum Ausdruck. Ebenso werden der allgemeine Gärton und die Blume der Weine bei richtiger Auswahl der Rassen auch durch den gesamten Gärungscharakter und die bouquetbildenden Eigenschaften der Hefen wesentlich verbessert. Naturgemäß machen sich diese Vorzüge bei geringen Mosten und den sogen. „kleinen Jahrgängen“ stärker bemerkbar als bei hochwertigen Qualitätsmosten, wie sie z. B. der Riesling im Rheingau liefert. Traubensäfte dieser Art sind schon durch ihre ganze chemische Zusammensetzung gegen Fehlgärungen besser geschützt und lassen sich bei sonst zweckmäßiger Gärführung auch ohne Anwendung von Reinhefen zu guten Weinen ausbauen. Hierin liegt wohl mit der Grund, daß das Reinzuchtverfahren bei der Herstellung von kleineren und mittleren Weinen mehr in Aufnahme gekommen ist als bei der Qualitätsweinbereitung. Diesen Verhältnissen gegenüber ist aber immer daran festzuhalten, daß die Reingärung bei zweckentsprechender Durchführung auch bei der Verarbeitung hochwertiger Moste zu Qualitätsverbesserungen und Betriebserleichterungen führt.

§ 98. Die Verbesserung des Reinzuchtverfahrens durch Pasteurisieren, Filtrieren, Zentrifugieren und Schwefeln der Moste.

An Versuchen, die natürliche Flora der Trauben bei der Anwendung von Reinhefen ganz auszuschließen, hat es nicht gefehlt. Der naheliegende Ausweg, die Moste durch Pasteurisieren keimfrei zu machen, ist nicht 5 ohne weiteres zu beschreiten, weil Traubenmoste beim Erhitzen den sogen. Kochgeschmack annehmen, eine unvorteilhafte Veränderung ihres Charakters, die sich noch nach der Vergärung bemerkbar macht und die Weine in ihrer Qualität ganz erheblich herabsetzt. Die eigentliche Ursache dieses Fehlers ist nicht bekannt, doch haben die Untersuchungen der neueren 10 Zeit ergeben, daß er sich vermeiden läßt, wenn die Moste bei Luftabschluß erhitzt werden. CARPENÉ (1) und MENDIVIL (1) nehmen die Erwärmung der Moste deshalb im Vakuum vor, während ROSENSTIEHL (5 u. 6) auf Grund mehrjähriger Versuche als bestes Mittel zur Beseitigung des Kochgeschmackes empfiehlt, die Moste vor dem Pasteuri- 15 sieren mit Kohlensäure zu sättigen. Nach den Beobachtungen von ROY-CHEVRIER (1), MIROY (1), MATHIEU (1) und SCHANDER (1) hat sich dieses Verfahren in der großen Praxis auch im allgemeinen bewährt. Bei der von KÜHN (1) und WORTMANN (12) beschriebenen KÜHN'schen Methode wird die Bildung des Kochgeschmackes dadurch verhindert, daß die 20 Moste bei völligem Luftabschluß unter hohem Druck erhitzt werden. Nach einer Beobachtung von MARTINAND (2), die von KULISCH (1) bestätigt wird, beugt auch ein Zusatz von Kaliummetasulfit oder schwefliger Säure dem Fehler vor. Rotweinmaischen sollen nach den Untersuchungen von KAYSER und BARBA (4 u. 5) reinschmeckende Weine 25 liefern, selbst wenn sie bei Luftzutritt pasteurisiert werden. Diese Angabe erklärt sich aber wohl aus der Tatsache, daß bei Rotweinen der Kochgeschmack überhaupt weniger deutlich bemerkbar wird. Die Pasteurisiertemperatur, die bei derartigen Versuchen zur Anwendung kommt, schwankt je nach der Dauer des Erhitzens zwischen 50 und 30 80 ° C. Daß diese Praxis richtig ist, geht aus Beobachtungen MÜLLER-THURGAU'S (17 u. 18) hervor, wonach ein halbstündiges Erwärmen der Moste auf 60 ° genügt, um deren Eigenorganismen völlig zu vernichten. Genau diese Temperatur von 60 ° ist auch bei den erwähnten Versuchen von KAYSER und BARBA (4 u. 5) eingehalten worden. ROSENSTIEHL (6 35 u. 7) bringt Maischen oder Moste beim Pasteurisieren dreimal intermittierend auf 50 ° C. Eine absolute Sterilisation wird bei diesen Wärmegraden, ja selbst bei 60—65 ° nach MIROY'S (2) Beobachtungen allerdings nicht erzielt, doch reicht die dabei eintretende Verminderung der Keimzahl für praktische Zwecke aus. Obwohl nach diesen Feststellungen 40 nicht mehr zu bezweifeln ist, daß sich das Reinzuchtverfahren auch bei der Weinbereitung mit dem Pasteurisieren der Gärflüssigkeit ohne Nachteile vereinigen läßt, hat diese Methode der Reingärung in der Praxis der Traubenweinbereitung, wenn man von einigen bald wieder aufgegebenen Versuchen absieht, doch noch so gut wie gar keinen Eingang 45 gefunden. Es liegt das in der Hauptsache wohl daran, daß sich diese Arbeitsweise wegen der Kostspieligkeit der Apparate nur für die allergrößten Betriebe eignet. Zum Teil ist die ablehnende Haltung der Technik aber auch auf die Befürchtung zurückzuführen, das Pasteurisieren in dieser Form könne eine Veränderung der vorhandenen, im 50 Handel bekannten Weincharaktere bewirken. Daß derartige Bedenken

nicht unbegründet sind, geht aus Beobachtungen von Kulisch (1) hervor. Bei seinen Versuchen hat sich zwar ergeben, daß das Bouquet der Weine bei der Mostpasteurisierung nicht notleidet, sondern sich vielfach gerade bei Weinen aus pasteurisierten Qualitätsmosten sehr gut entwickelt. Andererseits hat sich dabei aber herausgestellt, daß der Gesamtausbau der Weine verschoben und vor allem der Säurerückgang verzögert und zum Teil aufgehoben wird, eine Erscheinung, die im 17. Kapitel noch näher zu besprechen sein wird. Man vergleiche auch das auf S. 416 über das Pasteurisieren Gesagte.

Auch durch *Zentrifugieren* und *Filtrieren* ist versucht worden, Moste keimfrei zu machen. Müller-Thurgau (18) hat dabei wenig befriedigende Erfolge erzielt, während es Forti (3) gelungen ist, von den vorhandenen Organismen seiner Versuchsmoste 72—76 Proz. bei einmaligem und 90 Proz. bei dreimaligem Zentrifugieren zu entfernen. Nach seinen Versuchen hält Forti (3) das Verfahren für praktisch wichtig. Nach Pacottet (1) hat auch Hignette mit dem Zentrifugieren von Rotweinmosten und trüben Weißweinen gute Erfahrungen gemacht.

Durch *Filtrieren* ist nach Lopriore's (1) Beobachtungen eine völlige Sterilisation von Mosten nicht zu erreichen, ja die Organismenflora der letzteren kann dabei sogar eine sehr ungünstige Veränderung erfahren, weil die Hefen stark zurückgehalten werden, während die Bakterien die Filterschichten passieren. Trotz dieser wenig ermutigenden Erfahrungen ist die Filtration von Mosten nach Kroemer (2) in der neuesten Zeit in manchen praktischen Betrieben versuchsweise eingeführt worden, um die Vorzüge des Reinzuchtverfahrens besser zur Geltung zu bringen. Benutzt werden dazu die großen Asbestfilter von Seitz, die nach den Bestimmungen von Kroemer (3) den Organismengehalt von Weinen bei richtiger Handhabung ganz außerordentlich herabdrücken. Allerdings ist bei derartigen Versuchen bisher die Vorsichtsmaßregel beachtet worden, die Moste vor der Filtration schwach einzuschwefeln. Das Verfahren lehnt sich an eine alte, nach Weigelt's (1) Mitteilungen ursprünglich von Liebig vorgeschlagene Kellerpraxis an, die seit Einführung der Reinhefen neue Bedeutung erlangt hat und darin besteht, die frisch gekelterten Moste vor Eintritt der Gärung durch schwaches Einbrennen und Absetzenlassen in kalten Räumen zu klären oder, wie der technische Ausdruck lautet, zu „entschleimen". Moste aus faulen schimmeligen Trauben werden dabei sogar ziemlich stark eingeschwefelt, um die Gärung während der Klärung sicherer zu unterdrücken. Bei dem von Garcia (1) beschriebenen Klärverfahren wird die Anwendung von schwefliger Säure dadurch vermieden, daß man die Moste in besonderen, von L. Sterne in Glasgow gebauten Kühlgefäßen absetzen läßt, in denen sie sich bis auf 2—3° über Null abkühlen. Nach Pacottet (1) wird in Frankreich auch versucht, die Moste durch Tanninschönungen zu klären. Daß sich durch diese, von Causse (1) und in den Handbüchern von Babo und Mach (1) und Pacottet (1) näher beschriebenen Behandlungsweisen günstige Entwicklungsbedingungen für die Reinhefen schaffen lassen, ist selbstverständlich und wird auch durch Versuche von Kehlhofer und Huber (1) bewiesen.

Durch *Einschwefeln* der Maischen und Moste, also durch den Zusatz von schwefliger Säure, läßt sich das Gärmaterial ebenfalls bis zu einem Grade sterilisieren, der für die Zwecke des Reinzuchtverfahrens unter gewissen Bedingungen ausreichend ist. Die Möglichkeit dazu ergibt sich aus der zuerst von Müller-Thurgau (19—22) nachgewiesenen

Tatsache, daß die Weinhefen gegen schweflige Säure im allgemeinen widerstandsfähiger sind als die anderen Gärungserreger des Mostes. So beobachtete MÜLLER-THURGAU (20) in einem Falle, daß einzelne Hefen noch in einem Moste lebend und gärfähig blieben, der 123 Milligramme schweflige Säure im Liter enthielt. Bei einem weiteren Versuche des 5 genannten Autors (21) wurde dagegen festgestellt, daß die Vermehrung der Arten aus dem Verwandtenkreise des *Saccharomyces apiculatus* schon durch einen Zusatz von 33 Milligramm schwefliger Säure auf einen Liter Most stark zurückgehalten und bei Gegenwart von 65 Milligrammen dieses Gases im Liter völlig unterdrückt wurde. Nach Ermittlungen von 10 MÜLLER-THURGAU (22 u. 23) und SEIFERT (4) sind auch die im Wein auftretenden Milchsäurebakterien, Essigbakterien und Schimmelpilze gegen freie schweflige Säure sehr empfindlich. Etwas widerstandsfähiger gegen die Wirkungen dieses Giftes scheinen nur die Kahmpilze zu sein, deren Wachstum in Wein bei Versuchen von SEIFERT (4) erst durch die 15 Anwesenheit von 170 Milligrammen freier schwefliger Säure im Liter ganz verhindert werden konnte. Praktisch ist diese Erscheinung aber von geringerer Bedeutung, weil die Vermehrung der Kahmpilze bei der Weingärung in der Regel schon durch den Luftabschluß unmöglich gemacht wird. Sehr wesentlich ist dagegen die von MÜLLER-THURGAU 20 (20 u. 21), DUPONT und VENTRE (1) sowie SEIFERT (4) festgestellte Tatsache, daß die Widerstandsfähigkeit der einzelnen Weinhefenrassen gegen schweflige Säure verschieden groß ist und im allgemeinen bei den gärkräftigen Rassen, wie sie unter den reingezüchteten Weinhefen vorherrschen, höhere Werte erreicht als bei gärschwachen Hefen (vergl. 25 Bd. IV, S. 333). Nach MÜLLER-THURGAU (20) können daher auch geringe Mengen von schwefliger Säure den Einfluß der Reinhefen auf den Charakter des Weines wesentlich erhöhen.

Am meisten ist der Anwendung der schwefligen Säure für die Zwecke der Mostgärung aber der von verschiedenen Seiten geführte 30 Nachweis zustatten gekommen, daß sich Hefen bei fortgesetzter Kultur in eingeschwefelten Mosten an schweflige Säure anpassen und gegen dieses Gift bedeutend widerstandsfähiger werden. Auf die Möglichkeit einer solchen Anpassung oder Akklimatisierung der Hefen hat nach dem Bekanntwerden des Effront'schen Flußsäure-Verfahrens (s. S. 302) 35 bereits SCHNELL (1) hingewiesen, aber erst MÜLLER-THURGAU (21) hat Züchtungsversuche dieser Art mit Erfolg durchgeführt. Die Resistenz gegen schweflige Säure läßt sich nach seinen Beobachtungen und späteren Untersuchungen von ROCQUES (1) und KROEMER (4) bei kräftigen Weinhefen soweit steigern, daß sie in Most selbst bei Gegenwart von 200 40 bis 275 Milligramm schwefliger Säure im Liter noch Gärung zu erzeugen vermögen. Wie diese Anpassungsfähigkeit zu erklären sein dürfte, ist auf S. 448 des Vierten Bandes unter Hinweis auf die Arbeiten von GIMEL (1) und POZZI-ESCOT (1) bereits ausgeführt.

MÜLLER-THURGAU (19—22) hat die Verbesserung des Reinzuchtver- 45 fahrens durch die Anwendung von schwefliger Säure besonders für die Bereitung von Apfel- und Birnenweinen und die Vergärung fauler Trauben in Vorschlag gebracht. Im deutschen Sprachgebiet hat sich die Sulfitgärung bisher auch fast allein auf diese Gebrauchszwecke beschränkt. Die dabei erforderliche schweflige Säure wird in Deutschland den Be- 50 stimmungen des Weingesetzes entsprechend nur durch Einbrennen der Moste (vergl. Bd. I, S. 536) erzeugt.

In Südfrankreich, Algier, Italien und anderen südlichen Weinländern

hat das Sulfitverfahren dagegen sehr an Verbreitung gewonnen und kommt dort auch bei der Verarbeitung gesunder Trauben zur Anwendung. Dabei werden an Stelle von gasförmigem, durch Verbrennen von Schwefel erzeugtem Schwefeldioxyd meist Salze der schwefligen Säure zum Einschwefeln des Mostgutes benutzt. Das von Ravizza (2), G. de Astis (1) und Paris (1) für solche Zwecke versuchsweise gebrauchte Calciumsulfit ist ebenso wie das von Sémichon (3), Kayser (3), Martinand (2), Passerini (1) und Pantanelli (1) vorgeschlagene Monokaliumsulfit in neuerer Zeit ziemlich verdrängt worden durch das von Jeanprêtre (1) empfohlene Kaliummetasulfit, einer Verbindung von der Formel $K_2S_2O_5$, die nach den Ermittlungen von Kehlhofer (2) in Frankreich heute unter allerlei Phantasienamen in den Handel gebracht wird. Der Gebrauch dieses Salzes in Verbindung mit Reinhefen, die an schweflige Säure angepaßt sind, bietet nach den Untersuchungen von Müller-Thurgau (22), Andrieu (1), Kallivocas (1), Kehlhofer (3), Ricciardelli (1), Marès (1) und Martinand (3, 4, 5) unter Umständen Vorteile vor dem Einschwefeln, ist in Deutschland aber gesetzlich unzulässig. Laborde (2) und Pacottet (4) empfehlen neuerdings, das Kaliummetasulfit durch verflüssigte schweflige Säure zu ersetzen, weil diese mit Hilfe besonderer Apparate, der von Pacottet (4), Schuch (1) und Prott (1) beschriebenen „Sulfitometer“, genau abgemessen werden kann und in ihrer Wirkung deshalb zuverlässiger ist als die Sulfite.

Bei dem in Frankreich, Algier und in anderen südlichen Ländern üblichen Verfahren der Sulfitgärung wird die Größe des Zusatzes von Schwefeldioxyd sehr verschieden bemessen. Während nach den Untersuchungen von Müller-Thurgau (20 u. 22) schon Mengen von 40 bis 120 Milligramm schwefliger Säure im Liter Most als ausreichend zur Verbesserung der Weingärung angesehen werden können, glauben Dupont und Ventre (1), daß je nach den Gärungsbedingungen 75—200 Milligramm schwefliger Säure im Liter Maische vorhanden sein müssen, um den Erfolg der Gärung sicher zu stellen. Kallivocas (1) hat bei der Herstellung griechischer Rosinenweine die Korinthenauszüge mit 0,4—0,5 Promille Kaliummetasulfit vergoren, was einem Verhältnis von etwa 200—250 Milligramm Schwefeldioxyd zu einem Liter entspricht. Nach einer Angabe von Martinand (3) sollen bei der Rotweinbereitung sogar Zusätze von 1,20 Promille Kaliummetasulfit, d. h. von rund 600 Milligramm schwefliger Säure auf den Liter Wein, unter Umständen vorteilhaft sein. Allerdings hat Martinand (3 u. 4) diese Mengen den frisch eingemaischten Trauben nicht auf einmal zusetzen lassen, sondern die Gärung zunächst mit etwa 0,2 Promille Kaliummetasulfit eingeleitet und den Rest des Sulfits der Maische erst während der Gärung und beim Abpressen nach und nach zugefügt. Seine Mitteilungen und ähnliche Veröffentlichungen von Andrieu (1) haben aber doch wohl die Veranlassung dazu gegeben, daß in manchen Kellereien Frankreichs anfänglich viel zu große Mengen von Sulfitsalzen für die Mostgärung benutzt worden sind. Auf die hierbei entstehenden Nachteile für den Charakter des Weines hatte früher schon Kayser (3) hingewiesen. Die neuere französische Gesetzgebung beugt derartigen Fehlgriffen durch eine Bestimmung vor, wonach die für einen Hektoliter Wein zulässige Höchstmenge von Kaliummetasulfit auf 20 g festgesetzt ist Die Verwendung von gasförmiger oder flüssiger schwefliger Säure für Gärungszwecke wird gesetzlich allerdings kaum beschränkt. In Südfrankreich und in Algier, wo die Sulfitgärung nach Marès (1) besonders verbreitet ist und die Einführung der Reinhefen

überhaupt erst ermöglicht hat, ist es infolgedessen üblich geworden, sich beim Einschwefeln beider Präparate zu bedienen. Die Trauben werden nach den Angaben von Marès (1) und Dugast (1) schon vor dem Einmaischen mit 0,12—0,20 Promille pulverisierten oder in Wasser gelösten Kaliummetasulfits vermischt und erst nach dieser Vorsterilisation gemahlen. Beim Einfüllen in die Gärbottiche werden der Maische noch etwa 0,10—0,15 Promille flüssige schweflige Säure zugesetzt, so daß also jeder Liter Most insgesamt etwa 150—250 Milligramm Schwefeldioxyd erhält. Geht die Gärtemperatur über 30° C hinaus, dann wird die Maische gekühlt und unter Umständen nochmals mit etwas flüssiger schwefliger Säure vermischt. Die bei der Gärung verwendete Gesamtmenge an Schwefeldioxyd übersteigt nach Dugast (1) aber in der Regel nicht 0,30 Promille, nach Martinand (4) soll sie bei der Herstellung von schweren Weinen (12 Proz. Alkohol) allerdings auf 0,50 Promille unbedenklich erhöht werden können. Von Dupont und Ventre (1) und von Martinand (3 u. 4) ist darauf hingewiesen worden, daß sich der Grad der Einschwefelung nach dem Gesundheits- und Reifezustand der Trauben, der Gärtemperatur und der Zusammensetzung der Moste richten müsse, doch sind diese Beziehungen noch nicht so weit geklärt, um sichere Anhaltspunkte für die Bemessung der Zusätze an schwefliger Säure bieten zu können. Als erwiesen kann nur gelten, daß bei der Verarbeitung fauler Trauben und bei hohen Gärtemperaturen stärkere Gaben von Schwefeldioxyd erforderlich sind als bei der Vergärung gesunder Maischen und bei niederer Temperatur.

Von ausschlaggebender Bedeutung für den Erfolg der Sulfitgärung ist natürlich, daß dabei nur Hefenrassen zur Verwendung gelangen, deren Widerstandsfähigkeit gegen schweflige Säure sicher erwiesen und möglicherweise durch geeignete Züchtung noch gesteigert ist. Wie dabei vorzugehen ist, hat Müller-Thurgau (21) gezeigt, dem wir auch den Nachweis verdanken, daß Rassen aus dem Verwandtenkreise des *Saccharomyces ellipsoideus* sich für diese Zwecke im allgemeinen besser eignen dürften als solche von *Sacch. Pastorianus* (*Sacch. intermedius II* und *Sacch. Pastorianus Wädenswil*).

Von einigen französischen Handelsinstituten werden an schweflige Säure angepaßte sogen. Sulfithefen vertrieben, doch benutzt man in französischen Kellereien gewöhnlich nur gärkräftige Rassen, die unmittelbar vor dem Gebrauch im praktischen Betriebe selbst an schweflige Säure gewöhnt werden. Man vermehrt die Reinzuchten zunächst in sterilisiertem, von Schwefeldioxyd völlig freiem Most und gibt zu diesem, sobald lebhafte Gärung eingetreten ist, in mehreren Anteilen und in Zeitabständen von annähernd 12 Stunden so viel eingeschwefelten Most, bis der Hefenansatz denselben oder einen etwas höheren Gehalt an schwefliger Säure zeigt, wie er für die Hauptgärung in Aussicht genommen ist. In den Einzelheiten des Verfahrens kommen manche Abweichungen vor. Pacottet (1) gibt für die Verarbeitung von Mosten, die mit 0,10 Promille schwefliger Säure vergoren werden sollen, folgende Vorschrift: Zwei Liter bei 100° sterilisierten Traubenmostes werden in einer Fünfliterflasche mit einer Reinzucht von Hefe versetzt und nach Eintritt der Gärung mit 100 ccm Most vermischt, der im Liter 500 Milligramm schweflige Säure enthält. Dieser Zusatz wird mit Unterbrechungen von je 12 Stunden noch viermal wiederholt, so daß die Züchtungsflüssigkeit schließlich auf 2,5 Liter aufgefüllt und ihr Gehalt an Schwefeldioxyd annähernd auf 0,10 Promille angereichert wird. Mit

dieser Mischung wird eine größere Menge Most von gleichem Gehalt an schwefliger Säure bei 18—20° C in Gärung gebracht und der so erhaltene Hefenansatz dann auf die einzelnen Gärfässer oder Gärbottiche verteilt. Die Impfmenge muß dabei ziemlich hoch bemessen werden, da die Weinhefen nach den Beobachtungen von MÜLLER-THURGAU (20) und KAYSER (3) bei reichlicher Aussaat die Einwirkungen der schwefligen Säure relativ am besten vertragen. Ueber den Einfluß des Schwefeldioxyds auf die Stoffwechseltätigkeit der Hefen vergleiche man das folgende Kapitel.

§ 99. Anwendung von Reinhefen bei der Herstellung von Apfel-, Birn- und Beerenwein und Met.

Die große Bedeutung der Reinhefen für die Obst- und Beerenwein-Bereitung ergibt sich schon aus der auf S. 345—346 und an anderen Stellen besprochenen Tatsache, daß die Epiphytenflora bei den Obst- und Beerenfrüchten in der Regel weit ungünstiger zusammengesetzt ist als bei den Trauben. Infolgedessen enthalten die Obstmoste meist auch weit mehr Gärungsschädlinge als echte Hefen. MÜLLER-THURGAU (24) fand z. B. in frisch von der Kelter entnommenem Most von Teilersbirnen nur wenig gärkräftige Hefen, dagegen Apiculatushefen, nicht gärende Torulaceen, Bakterien und Schimmelpilze, besonders *Penicillium* und *Dematium* in großer Menge. Aehnlich wird das Pilzgemisch in Beerensäften beschaffen sein. Nur in den Mosten spätreifender, herberer Birn- und Aepfelsorten dürften nach den vorliegenden Untersuchungen von MÜLLER-THURGAU (24) gewöhnlich mehr Hefen vorkommen als schädlich wirkende Organismen. Weniger als diese Verhältnisse spricht für die Verwendung von Reinhefen das bei der Obst- und Beerenweinbereitung übliche Waschen des Mostobstes, weil die Zahl der Hefenkeime nach den auf S. 352 u. 382 erwähnten Beobachtungen von BEHREND (1) bei dieser Behandlung jedenfalls nicht wesentlich vermindert wird. Wohl aber ist das Reinzuchtverfahren bei der Obst- und Beerenwein-Bereitung auch deswegen sehr am Platze, weil die chemische Zusammensetzung mancher Obstsäfte die Vermehrung einzelner Gärungsschädlinge stärker begünstigt als die der Hefen. So geht aus den Arbeiten von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) hervor, daß in gewissen Obstsäften namentlich Apiculatushefen und Milchsäurebakterien bessere Ernährungs- und Wachstumsverhältnisse vorfinden als die gutartigen Hefen. Unzweifelhaft wird durch den niedrigen Säuregehalt mancher Obstsäfte auch die Vermehrung nachteiliger Gärungskeime anderer Art stark gefördert. Im Einklang hiermit steht die von ZWEIFLER (1) besonders erwähnte, alte Erfahrung der Praxis, daß sich die Säfte gewisser Beerenfrüchte, z. B. die der Erdbeeren und Brombeeren, durch Selbstgärung überhaupt kaum zu reintönigen, gesunden Weinen verarbeiten lassen. Daß auch sonst unreine, schleppende Gärungen bei der Obstweinbereitung früher sehr verbreitet, ja zum Teil fast die Regel gewesen sind, ist nach dem Vorhergesagten leicht verständlich. Erst die Einführung der Reinhefen hat ein Mittel an die Hand gegeben, diese Mißstände zu beseitigen und die Obst- und Beerenwein-Bereitung so zu verbessern, daß sie wirklich nutzbringend ist.

Die Technik der Reingärung ist bei der Obstweinbereitung im wesentlichen dieselbe wie bei der Traubenweinbereitung. Zur Anwendung kommen entweder Traubenweinhefen oder besondere Obstwein-

hefen. Goethe (1) hat zwar auch versucht, Stachel- und Johannisbeermoste mit Preßhefe zu vergären, dabei aber nur wenig haltbare, unangenehm schmeckende Weine erzielt. Kehlhofer (4) ist bei einer Wiederholung dieser Versuche zu einem wenig besseren Erfolg gekommen und kann selbst gute Bierhefen, obwohl sie die Gärung fördern, nur für die Herstellung von Beerenwein-Haustrunk empfehlen. Der Versuch von Alliot (1), aus den bouquetbildenden Zuckerrohrhefen der Rumgärung geeignete Rassen für die Bereitung von Apfellikörweinen auszulesen, ist zwar nicht ungünstig ausgefallen, praktisch aber ohne Bedeutung geblieben. Dagegen sind die Trauben- und Obstweinhefen rasch und mit bestem Erfolge in die Praxis eingeführt worden. Bei den ersten dahinzielenden Versuchen haben Kramer (1), Müller-Thurgau (5 u. 6), Nathan (1 u. 2) und Wortmann (6 u. 14) ausschließlich Traubenweinhefen benutzt, wobei sich herausgestellt hat, daß diese Hefen sich besonders für die Vergärung von Apfel- und Beerenmosten eignen und hier die Vorteile, die sie bei der Traubenweinbereitung gewähren, noch in erhöhtem Maße hervortreten lassen. Von günstiger Wirkung ist besonders die schnellere und gründlichere Durchgärung der Moste, bei der eine wesentlich höhere Alkoholausbeute erreicht wird als bei der Rohgärung. Bei Apfelweinen beträgt die Zunahme des Alkoholgehaltes nach Müller-Thurgau (5) unter Umständen 2 Prozent. Sehr wichtig für den Charakter der Obstweine ist ferner die von Müller-Thurgau (5 u. 6), Wortmann (14), Nathan (1 u. 2) und anderen festgestellte Tatsache, daß geeignete Weinhefen den Gärton und die Blume der Obstweine wesentlich verbessern. Nach Mach und Portele (1) werden Apfelweine selbst bei Verwendung der von Hansen bestimmten, reinen Arten *Saccharomyces ellipsoideus I* und *S. Pastorianus I* (s. Bd. IV, S. 174 u. 176) „entschieden traubenweinähnlicher und feiner". Moncure und Ellet (1) haben bei der Vergärung amerikanischer Apfelmoste mit Reinhefen gleichfalls beobachtet, daß sich die Individualität der verwendeten Rassen noch im fertigen Wein deutlich bemerkbar macht.

Obstweinhefen hat zuerst E. Kayser (1) aus Apfel- und Birnenweinen reingezüchtet. Später hat sich Müller-Thurgau (8 u. 15) dieser Aufgabe unterzogen, nachdem er festgestellt hatte, daß sich Traubenweinhefen nicht für alle Fälle der Obstweinbereitung eignen. Nach seinen Beobachtungen liefern diese Hefen besonders bei der Vergärung von Birnmosten nicht immer die besten Erfolge. Einzelne Rassen werden durch den Gerbstoffgehalt der Birnmoste zu stark im Wachstum gehemmt, bei anderen macht sich der Nachteil bemerkbar, daß sie einen zu hohen Endvergärungsgrad herbeiführen. Die Folge davon ist, daß die Obstweine sehr bald ihre Kohlensäure verlieren und zu früh alt und matt werden. Für die Bereitung von Apfel- und Birnenweinen sind Hefen erforderlich, die gegen Ende der Hauptgärung etwas früher in ihrer Tätigkeit nachlassen und einen weniger hohen Vergärungsgrad erzeugen. Bei Verwendung solcher Rassen setzt auf dem Lager eine leise Nachgärung ein, die den Weinen die nötige Frische gibt. Müller-Thurgau und Osterwalder (1 u. 2) ist es gelungen, solche Hefen aus Apfel- und Birnmosten reinzuzüchten und mit bestem Erfolge in die Praxis einzuführen. Bei der Auswahl dieser Hefenrassen für die Zwecke der Praxis wird die Gärkraft nicht als die allein maßgebende Eigenschaft angesehen, wenn auch Wert darauf gelegt werden muß, daß die Hefen, ungeachtet ihres Verhaltens am Ende der Gärung, die Fähigkeit besitzen, eine rasch eintretende, kräftige Gärung zu erzeugen. Not-

wendig ist diese Eigenschaft in Anbetracht der starken Konkurrenz, die den Reinhefen durch die Eigenorganismen der Moste erwächst. Wichtiger sind nach Müller-Thurgau und Osterwalder (1) aber immerhin die Einwirkungen der Hefen auf die chemische Zusammensetzung der Apfel-
5 und Birnweine. In Frage kommen dabei das Gärvermögen, die Bildung von flüchtigen und nichtflüchtigen Säuren und die Inversionskraft, Eigenschaften, in denen sich die bisher untersuchten Obstweinhefen ziemlich weitgehend unterscheiden. Im allgemeinen wird man feststellen können, daß für die Vergärung von weichen, säurearmen Apfel- und
10 Birnmosten solche Obstweinhefen am besten geeignet sind, die bei sonst günstigen Gärwirkungen imstande sind, den Gehalt der Weine an nichtflüchtigen Säuren zu erhöhen, wie das z. B. bei den von Müller-Thurgau und Osterwalder (1 u. 2) gezüchteten Rassen *Wädenswil 4*, *Tägerwilen* und *Rütti 1* der Fall ist. Für Beerenmoste, die vor dem
15 Vergären mit erheblichen Mengen von Rohrzuckerlösung verdünnt und in der Regel zu schweren Weinen verarbeitet werden, scheint dagegen die Verwendung von gärkräftigen Traubenweinhefen zweckmäßiger zu sein, einmal mit Rücksicht auf den Alkoholgehalt und den traubenweinähnlichen Charakter der Beerenweine, dann aber auch in Anbetracht
20 der Tatsache, daß die Fähigkeit zur Bouquetbildung bei den von Müller-Thurgau und Osterwalder (1) reingezüchteten Obstweinhefen augenscheinlich nicht in dem Grade entwickelt ist wie bei gewissen Traubenweinhefen. Auch ist nicht zu vergessen, daß bei der Vergärung gezuckerter Beerenmoste dem Inversionsvermögen der Hefen erhöhte
25 Bedeutung zukommt. Da einzelne Obstweinhefen, wie Müller-Thurgau und Osterwalder (1) nachgewiesen haben, nur unzureichende Mengen von Invertin bilden, wäre bei Verwendung von Obstweinhefen zur Beerenweinbereitung zum mindesten eine sehr sorgfältige Prüfung der Rassen auch nach dieser Richtung hin geboten, ähnlich wie sie Müller-
30 Thurgau und Osterwalder (1 u. 2) durchgeführt haben. Bei der Auswahl der Hefen ist endlich noch zu berücksichtigen, daß Zweifler (2) bei der Herstellung von roten Beerenweinen mit einer Rotweinhefe bessere Erfolge erzielt hat als mit Weißweinhefen.

Der Zusatz der Reinhefe zu den Obst- und Beerensäften wird unter
35 Bereitung eines Anstellmostes in derselben Weise vorgenommen wie bei den Traubenmosten. Wie aus den Anweisungen von Wortmann (15) und Meissner (1) hervorgeht, kommen auch annähernd dieselben Mengen von Hefe zur Verwendung. Nach Müller-Thurgau (6) ist eine etwas stärkere Aussaat als bei der Traubenweingärung allerdings zweck-
40 mäßiger. Besonders sei erwähnt, daß in der Beerenweinindustrie empfindliche Beerensäfte vor dem Hefenzusatz durch Einleiten von Dampf nicht selten pasteurisiert werden. Kochgeschmack soll dabei nicht auftreten. Eine relative Sterilisation der Beerenmoste kann auch schon dadurch erzielt werden, daß die zur Verdünnung der natürlichen
45 Säfte erforderlichen Zuckerlösungen heiß zu den Fruchtsäften zugegossen werden, wie dies Wagner (1) zuerst empfohlen hat. Die Pasteurisation der Moste ist für die Obst- und Beerenweinbereitung auch wesentlich wichtiger als bei der Traubenweingärung, da Müller-Thurgau und Osterwalder (1) gezeigt haben, daß die Reinhefen in nicht pasteurisierten
50 Apfel- und Birnsäften gegenüber der Eigenhefe der Moste keineswegs leicht zur Wirksamkeit gelangen. Namentlich können sie die Entwicklung von Apiculatushefen kaum verhindern, wenn diese Organismen neben gärkräftigen Eigenhefen in den Mosten auftreten und schon zu

Beginn der Gärung in großer Zahl vorhanden sind. Die nachteilige Wirkung der in Apfel- und Birnweinen fast immer vorkommenden Milchsäurebakterien läßt sich durch das übliche Verfahren der Reingärung überhaupt nicht beseitigen, weil sich diese Bakterien noch am Schluß und nach Beendigung der Hauptgärung, wenn sie von den Hefen nicht 5 mehr benachteiligt werden, verhältnismäßig stark vermehren können. Abhilfe dagegen gewährt nur das Pasteurisieren der Moste oder, wo dies wegen der Beeinträchtigung des Weingeschmackes nicht zulässig ist, das von MÜLLER-THURGAU (22 u. 23) gerade für diesen Fall besonders empfohlene Verfahren der Sulfitgärung in Verbindung mit Reinhefen, 10 die an schweflige Säure angepaßt sind. KULISCH (5) hat allerdings einen günstigen Einfluß des Schwefeldioxyds auf die Reinheit der Obstweingärung nicht immer feststellen können und neigt eher der Annahme zu, daß die Wirksamkeit der Reinhefen nur durch die Gegenwart von bestimmten Mengen nichtflüchtiger Säure sicher gestellt werden kann. Im 15 Anschluß daran sei noch erwähnt, daß sich die Reinhefen in Heidelbeer- und Preißelbeermosten nach den Untersuchungen von KULISCH (5), KEHLHOFER (5) und OTTO (1) nur bei gleichzeitigem Zusatz von Stickstoffverbindungen in wünschenswertem Grade vermehren können. Im nächsten Kapitel wird auf diese Verhältnisse noch zurückzukommen sein. Der 20 Versuch von NATHAN (2), die zur Obst- und Beerenweinbereitung dienenden Weinhefen gegen den Wettbewerb von Gärungsschädlingen durch Vermischen der unvergorenen Obstmoste mit 10—15 Proz. vergorenem Wein oder mit 2 Proz. Alkohol zu schützen, ist (s. Bd. IV, S. 333) ohne praktische Folgen geblieben. Näheres über die Technik der Obst- und 25 Beerenweinbereitung findet man in den Handbüchern von M. BARTH (1), CLUSS (1), MEISSNER (1) und LÖSCHNIG (1). Die Herstellung des französischen Ciders haben JACQUEMIN und ALLIOT (1), LABOUNOUX und TOUCHARD (1) sowie SAILLARD (1) beschrieben.

Zum Vergären von Brennobst, d. h. von Kirschen, Pflaumen und 30 Mirabellen, sind wiederholt ebenfalls reine Weinhefen benutzt worden. HOFFMANN (1) erzielte bei einem derartigen Versuche gegenüber der Rohgärung eine Mehrausbeute von 17 Proz. Kirschwasser. ZWEIFLER (3) erhielt aus einem Hektoliter Zwetschenmaische bei Anwendung von reinen Weinhefen 5,2 l Alkohol, bei Selbstgärung dagegen nur 4,8 l. 35 Bei Herstellung von Apfelwein-Aquaviten konnte MEUNIER (1) die Gärdauer mit Hilfe einer Anstellhefe und eines Zusatzes von 10—15 g Ammoniumphosphat pro Hektoliter auf vier Tage abkürzen.

Bei der Erzeugung von Met hat man mit dem Reinzuchtverfahren ganz bedeutende Verbesserungen erzielt. Die aus dem Altertum über- 40 lieferte, in manchen Ländern heute noch übliche Herstellungsart dieses Getränkes beschränkt sich darauf, Mischungen von Honig und Wasser mit oder ohne Zusatz von Gewürzen der Selbstgärung zu überlassen. Das von KÖNIG (1) erwähnte, nach VECKENSTEDT (1) aber bereits 1555 vom Erzbischof Olaus Magnus von Upsala beschriebene Verfahren, die 45 Honigmoste mit Hopfen zu kochen und darauf mit Bierhefe zu versetzen, bedeutet gegenüber dieser primitiven Arbeitsweise schon einen wesentlichen Fortschritt, da es ohne Anwendung von Hefe überhaupt kaum möglich ist, Honiglösungen schnell und vollkommen zur Durchgärung zu bringen. Der Grund liegt nur zum Teil in dem Fehlen ge- 50 eigneter Gärungserreger. Wie NUSSBAUMER (1) gezeigt hat, enthält die Mikroflora des Honigs neben echten Saccharomyceten und Bakterien in besonders großer Menge Schimmelpilze und häufig auffallend viel Zygo-

saccharomyceten, deren Auftreten im Honig wahrscheinlich im Zusammenhang steht mit dem Vorkommen ähnlicher Hefenarten im Körper der Bienen. Es sei in dieser Beziehung daran erinnert, daß KLÖCKER (1) den von ihm beschriebenen *Zygosaccharomyces Priorianus* (s. Bd. IV, S. 182) 5 im Leib von Honigbienen entdeckt und auch in Hummeln einen nahestehenden oder denselben Sproßpilz aufgefunden hat. Ebensosehr wie die ungünstige Zusammensetzung der Mikroflora beeinträchtigt den Verlauf der Metgärung nach den Feststellungen von KAYSER und BOULLANGER (1) der Mangel an geeigneten mineralischen Hefennährstoffen. 10 Bei der im Hausbetrieb üblichen, unzulänglichen Herstellungsart von Met erhält man infolgedessen auch fast regelmäßig trübe, wenig haltbare Getränke, die, abgesehen von ihren Gärfehlern, meist auch noch einen aufdringlichen, wenig angenehmen Wachsgeschmack zeigen. Zur Abstellung dieser Mängel hat zuerst CHUARD (1) mit Erfolg das Reinzucht- 15 verfahren verwendet. Es gelang ihm mit Hilfe von Sauterne-Hefen, Honiglösungen rasch und vollkommen durchzugären und zu Getränken auszubauen, die entschieden einen weinähnlichen Geruch und Geschmack zeigten. Später haben KAYSER und BOULLANGER (1), sowie JACQUEMIN und ALLIOT (2) diese Versuche wieder aufgenommen und nach den Grund- 20 sätzen der Reingärung ein verbessertes Verfahren der Metbereitung ausgearbeitet, das in Frankreich anscheinend Eingang in die Praxis gefunden hat. Man unterscheidet zwischen leichten trockenen und schweren süßen Honigweinen. Die ersteren werden nach JACQUEMIN und ALLIOT (2) aus 25- bis 30-proz., die letzteren aus 35- bis 40-proz. Honiglösungen her- 25 gestellt. Nach KAYSER und BOULLANGER (1) darf der Zuckergehalt der Honigmoste bei der Anfertigung von trockenen zuckerfreien Weinen jedenfalls 24—25 Proz. nicht überschreiten. Moste, die süßbleibende Weine liefern sollen, werden nach ihnen am zweckmäßigsten auf einen Zuckergehalt von 26—27 Proz. eingestellt. Zur Verhütung von Nebengärungen 30 lassen JACQUEMIN und ALLIOT (2) den Mosten 0,6—1,5 Promille, KAYSER und BOULLANGER (1) aber 2—3 Promille Weinsäure zusetzen. VAN LOOK (1) benutzt Citronensaft zum Ansäuern. Uebereinstimmend wird von GASTINE (1), KAYSER und BOULLANGER (1), sowie von JACQUEMIN und ALLIOT (2) die Zugabe von stickstoff- und phosphorsäurehaltigen Hefennährsalzen für 35 unentbehrlich erachtet. Die Vergärung der mit kochendem Wasser bereiteten und dadurch sterilisierten Honiglösungen gelingt nach KAYSER und BOULLANGER (1) am besten unter Anwendung reiner, aus schweren Traubenweinen isolierter Weinhefen oder von reingezüchteten Methefen. JACQUEMIN (2) empfiehlt für die Metgärung seine Weinhefen *Sauterne*, 40 *Champagne* und *Chablis*. Die Hefenaussaat wird reichlich bemessen. Im allgemeinen sollen 100 Liter Honigmost 0,25—0,5 kg Hefenbrei erfordern, der zunächst in 10 Liter einer sterilen, mit 10 g Weinsäure und einer entsprechenden Menge von Hefennährsalzen hergestellten 15-proz. Honiglösung zu übertragen ist. Es werden also den Honigmosten 5—10 Proz. 45 Anstellmost zur Einleitung der Gärung zugesetzt. Die eigentliche Gärführung und der Ausbau der Weine nach Abschluß der Gärung erfolgt nach den üblichen Regeln der Kellerwirtschaft. Die fertigen Honigweine enthalten in der Regel 10—16 Vol.-Proz. Alkohol. Der ihnen anfänglich anhaltende Wachsgeschmack soll sich auf dem Lager bald 50 verlieren. Näheres über die Technik der Metbereitung findet man in den Handbüchern von DOYEN (1) und JACQUEMIN und ALLIOT (2). Die Bereitung des sogen. Oenomel, der aus Mischungen von Honig und Traubenmost erhalten wird, haben KAYSER und BOULLANGER (1) be-

schrieben. Geschichtliche Mitteilungen über die Metbereitung bringt VECKENSTEDT (1).

§ 100. Die Anwendung von Reinhefen bei der Umgärung von Weinen.

In einzelnen nördlichen Weinbaugebieten, wo die natürlichen Moste sehr häufig nur alkoholarme, saure, nicht ohne weiteres genußfähige Weine liefern, ist es vielfach notwendig, die Naturweine unter Zusatz von Zuckerlösung umzugären, um sie zu verbessern und absatzfähig zu machen. Die Umgärung ist in solchen Gegenden, wie BARAGIOLA (1) betont hat, auch das einzige Mittel zur Beschaffung neutraler inländischer Verschnittweine, wie sie der Handel zur Herstellung von Weinen gewisser mittlerer Preislagen braucht. Derartige Umgärungen versprechen nur dann einen sicheren Erfolg, wenn den gezuckerten Weinen von vornherein Hefe zugesetzt wird. Geschieht das nicht, dann kommt die Gärung nur langsam in Gang und erlischt häufig, noch bevor der zugefügte Zucker völlig vergoren ist. Diese Erscheinung wird leicht verständlich, wenn man berücksichtigt, daß in den Weinen nach den Abstichen nur verhältnismäßig wenig Eigenhefen vorhanden sind, die durch den Alkohol im Wachstum stark gehemmt werden. Es ist auch gar nicht selten, daß sich in Weinen, die ohne Hefe oder mit unzureichenden Mengen von Hefe umgegoren werden, schädlich wirkende Organismen entwickeln. Gewöhnlich werden solche Weine „zähe“ oder „stichig“, was unter Umständen einer völligen Entwertung gleichkommt. Die Praxis hat früher vielfach versucht, diese Gefahren dadurch zu umgehen, daß sie den gezuckerten Weinen von anderen Weinen abgezogene Trubhefe zusetzen ließ. Natürlich bedeutet dieses Verfahren aber nur dann eine Verbesserung, wenn gesunder, von Krankheitskeimen möglichst freier Weintrub zur Verwendung kommt, der nur wenig tote Hefenzellen enthält und durch schleimige Absatzstoffe, Weinstein, weinsauren Kalk und Zellreste von Traubenbeeren nicht zu stark verunreinigt ist. Bei der heute üblichen Kellerpraxis steht derartiger Trub aber nur in den seltensten Fällen und dann höchstens im Herbst zur Verfügung. Es war daher ein ganz bedeutender Fortschritt, als es gelang, der Praxis reingezüchtete Weinhefen von zuverlässiger Wirkung auch für die Zwecke der Umgärung zur Verfügung zu stellen. Erreicht wurde das im wesentlichen durch die Arbeiten von MÜLLER-THURGAU (6, 13, 25), WORTMANN (6 u. 16), SCHNELL (1), KULISCH (2) und SEIFERT (3).

Das wichtigste Erfordernis für die Umgärung sind Hefen, die sich in alkoholhaltigen Nährflüssigkeiten noch gut vermehren, gegen Alkohol also nicht zu empfindlich sind; worüber man auch S. 129 u. f. des Vierten Bandes vergleiche. MÜLLER-THURGAU (6) hat zu diesem Zweck Hefen reingezüchtet, die noch bei Gegenwart von 10 Gew.-Proz. Alkohol zu wachsen vermögen. Die Hefenaussaat muß weit größer sein, als bei der Vergärung von Mosten, worauf schon MÜLLER-THURGAU (8) hingewiesen hat. Nach der Vorschrift der Geisenheimer Hefenreinzucht-Station und Angaben von MEISSNER (2) ist zur Einleitung von Umgärungen ein Zusatz von mindestens 2 Proz. Anstellmost erforderlich. In der Praxis hat sich nach den Erfahrungen von BARAGIOLA (1) aber gezeigt, daß diese Hefenmenge in manchen Fällen noch unzureichend ist und die Gärung nicht in wünschenswertem Maße beschleunigt. Auch die Verlängerung der Gärdauer, die SCHNELL (1) bei Umgärungen von Mosel- und Saarweinen

mit Reinhefe in mehreren Fällen beobachtet hat, dürfte ihre Erklärung darin finden, daß die Hefenaussaat bei diesen Versuchen zu klein war. BARAGIOLA (1) empfiehlt deshalb, bei Umgärungen eine staffelförmige Vermehrung der Reinhefe vorzunehmen, und betont dabei, daß in der
5 Vermehrungsstaffel das Verhältnis 1 : 10 nicht überschritten werden darf. Für dieses Vermehrungsverhältnis hat sich gleichzeitig auch SEIFERT (3) ausgesprochen.

Bei der Umgärung von größeren Mengen Wein würde man hiernach folgendes Verfahren einschlagen. Zehn Liter des zur Umgärung be-
10 stimmten Weines werden mit 500 g Rohrzucker versetzt, erhitzt, entgeistet und nach dem Abkühlen mit einer Versandhefe zur Angärung gebracht. Dieser erste Ansatz, oder an dessen Stelle 5—10 Liter einer von zuverlässiger Stelle bezogenen Hefenmostkultur, wird zu einem Hektoliter des gezuckerten Weines gegeben, der seinerseits nach Eintritt der
15 Gärung wieder dazu dient, 10 Hektoliter Wein in Gärung zu bringen. Bei der weiteren Vermehrung wird nach BARAGIOLA (1) zweckmäßiger eine kleinere Vermehrungsstaffel gewählt, indem man das erste Zehnhektoliterfaß (Fuder) auf 6 Fuder verteilt (Verhältnis 1 : 6) und dann mit der Vermehrung nach und nach auf 18—20 Fuder (Verhältnis 1 : 3),
20 50 Fuder (Verhältnis 1 : 2,5) und schließlich auf 100 Fuder (Verhältnis 1 : 2) oder mehr fortschreitet. Naturgemäß ist dieses Verfahren nur für sehr große Betriebe und für die Herstellung von neutralen Verschnittweinen gleichmäßigen Charakters berechnet. Soll bei der Umgärung die Eigenart der einzelnen Faßweine erhalten bleiben, dann ist für jedes
25 Faß ein besonderer Gärungsansatz erforderlich, der, wie oben angegeben, nach dem Verhältnis von 1 : 10 staffelförmig mit dem umzugärenden Weine aufzufüllen ist.

Das Pasteurisieren der Weine vor der Umgärung ist wiederholt empfohlen worden, hat sich aber bei deutschen Weinen bisher nicht
30 bewährt. Wie sich bei Gärversuchen in großen Moselwein-Kellereien herausgestellt hat, erhält man bei diesem Verfahren Weine, die sehr bald kohlensäurearm werden und die frische, etwas spritzige Art, die man an Moselweinen liebt, zu früh verlieren. Höchstwahrscheinlich ist das darauf zurückzuführen, daß die Bakterien, welche die Säuren des Weines
35 unter Kohlensäureentwicklung zerlegen, beim Pasteurisieren abgetötet werden. Im nächsten Kapitel wird auf diese Erscheinung zurückzukommen sein. Auch das Sulfitverfahren ist bei Umgärungen nicht am Platze, weil nach den Erfahrungen von KULISCH (2) schon geringe Mengen von schwefliger Säure die unter dem Einfluß des Alkohols stehenden
40 Hefen so stark beeinträchtigen, daß ihre Vermehrung außerordentlich gehemmt und der Erfolg der Umgärung ganz in Frage gestellt wird.

Eine besondere Art der Anwendung von Reinhefen liegt bei den von MÜLLER-THURGAU (6 u. 8) und WORTMANN (6 u. 10) in die Technik eingeführten Umgärungen zur Verbesserung fehlerhafter Weine vor. Die
45 Gärführung ist dabei dieselbe wie bei der eben geschilderten Verbesserung von Naturweinen, doch sei erwähnt, daß in Deutschland Umgärungen dieser Art gesetzlich nur noch dann zulässig sind, wenn die Weine mit Most und nicht mit Zuckerlösung verschnitten werden. Man vergleiche hierüber die Angaben von MEISSNER (4) und KULISCH (2). Von MÜLLER-
50 THURGAU (8) und WORTMANN (16) sind Umgärungen unter Zusatz von Reinhefe und Zucker ferner empfohlen worden zur Auffrischung alter Weine. Umgärungen, die lediglich zu diesem Zweck vorgenommen werden, sind in Deutschland nach den Bestimmungen des neuen Weingesetzes

aber gleichfalls nur dann gestattet, wenn die nötige Zuckerung durch einen Mostzusatz bewirkt wird. Die Hefenaussaat muß bei derartigen Umgärungen ebenfalls sehr hoch bemessen werden. Dasselbe gilt für die Verwendung von Reinhefen zur Durchgärung von Obst- und Traubenweinen, die infolge ungünstiger Verhältnisse unvollkommen vergoren sind.

Im Anschluß an die Besprechung dieser Nachgärungen sei noch darauf hingewiesen, daß die Einführung von Reinhefen auch die Herstellung von gewöhnlichen oder petiotisierten Tresterweinen außerordentlich erleichtert hat. Müller-Thurgau (6) betont, daß das besonders dann der Fall ist, wenn die Reinhefe bei der Hauptgärung schon den gemahlenen Trauben zugefügt worden ist. Die Maische ist dann mit guter Hefe so durchsetzt, daß nach dem Abpressen des Mostes oder Weines das auf die Trester aufgegossene Zuckerwasser sofort in stürmische Gärung gerät. Nähere Angaben über die Bereitung derartiger Nachweine findet man in dem Handbuch von Babo und Mach (1). Ueber Nachgärungen und Umgärungen des Weines überhaupt vergleiche man auch das folgende Kapitel.

§ 101. Die Anwendung von Reinhefen bei der Schaumwein-Bereitung.

Ganz ähnlich wie bei der Umgärung von Weinen liegen die Bedingungen für die Anwendung von Reinhefen bei der Schaumwein-Bereitung. Hier wie dort handelt es sich um die Einleitung einer Gärung in gezuckerten Weinen, jedoch mit dem Unterschiede, daß sich die Schaumweingärung in der Flasche vollziehen und so geleitet werden muß, daß nur durch das sogen. Degorgieren, d. h. durch Abspritzen des auf den Stopfen gerüttelten Hefentrubs, völlig glanzhelle, schäumende Weine erzielt werden. Daraus ergeben sich zwar einige besondere Anforderungen an die Hefen, im übrigen aber bleibt die Behandlung wesentlich dieselbe wie bei der gewöhnlichen Umgärung von Stillweinen. Bei der Auswahl der Hefen ist darauf zu achten, daß für die Schaumweinbereitung überhaupt nur solche Rassen in Frage kommen, die imstande sind, sich in gezuckerten Weinen zu vermehren und die Vergärung in der Flasche noch unter starkem Kohlensäuredruck (s. Bd. IV, S. 134) zu Ende zu führen. Ferner ist auf die von Wortmann (5), Müller-Thurgau (13), Bioletti (1) und anderen beobachtete Eigenart mancher Hefen, sich schnell und „körnig" abzusetzen, großes Gewicht zu legen, weil durch diese Eigenschaft das Rütteln und Klären der Weine außerordentlich erleichtert wird. Wie Wortmann (5 u. 6) und Müller-Thurgau (13) nachgewiesen haben, zeigen die Hefen in dieser Beziehung ziemliche Unterschiede. Wahrscheinlich besitzen die gewünschte Fähigkeit, sich leicht und körnig abzusetzen, vornehmlich die spezifisch schwereren Rassen, wenn auch das betreffende Merkmal jedenfalls nicht allein im spezifischen Gewicht der Zelle begründet ist. Offenbar spielt dabei auch die Beschaffenheit der Zellwände eine wichtige Rolle. Wortmann (5) glaubt, daß Hefen, die etwas quellbare, schleimige Wände besitzen, leicht aneinander und an den Wänden der Flaschen haften bleiben und infolgedessen nicht so leicht zu Boden sinken wie solche Rassen, deren Wände stärker und fester sind. Bei einer Untersuchung von vier verschiedenen Hefen hat Wortmann (5) auch die interessante Beobachtung gemacht, daß die davon am besten sedimentierende Rasse *Schloß Johannisberg II*

sich durch auffallend große Zellen (s. Bd. IV, S. 176) auszeichnet. Müller-Thurgau (13) glaubt aber nicht, daß engere Beziehungen zwischen der Zellgröße und der Sedimentierungsart der Hefen bestehen.

Unter keinen Umständen können Hefen in der Schaumweinbereitung 5 Verwendung finden, die in Form von „Masken", d. h. in Streifen oder Wölkchen an den Flaschenwandungen haften bleiben. Auch Rassen mit ausgeprägter, starker Bouquetbildung sind nach Wortmann (6) und Müller-Thurgau (13) nicht erwünscht, weil sie den neutralen Charakter der Schaumweine beeinträchtigen könnten. Einer näheren Untersuchung 10 bedarf noch die Frage, ob bei der Auswahl der Hefen auch die Schaumbildung der einzelnen Rassen zu berücksichtigen ist. Nach Laboratoriumsversuchen von Müller-Thurgau (13) ist es jedenfalls nicht ausgeschlossen, daß sich der Einfluß der Hefenrassen auch auf die Art und Dauer des Schäumens der ausgeschänkten Mousseux erstreckt.

15 Die Hefenaussaat wird weniger reichlich bemessen als bei der gewöhnlichen Umgärung von Stillweinen, weil die Gärung nicht zu schnell in Gang kommen und Zeit bleiben soll, die Weine noch vor Eintritt der stürmischen Gärung auf die Flasche zu bringen. Daß die Hefentätigkeit langsam einsetzt, ist besonders für solche Betriebe wichtig, die an 20 der alten Praxis festhalten, die Weine so lange im Faß zu lassen, bis sie deutliche Spuren von Gärung zeigen. Nach der Vorschrift der Geisenheimer Hefenreinzucht-Station wird die Aussaat in folgender Weise vorgenommen: Zwanzig Liter des zur Schaumweinbereitung dienenden Stillweines werden mit 3 kg Zucker versetzt, durch Erhitzen vom Alkohol 25 befreit und noch warm in einen mit Gärverschluß versehenen Glasballon oder eine Nessler'sche Gärflasche eingefüllt. Nach dem Erkalten wird die Flüssigkeit mit einer frisch bezogenen Reinhefe in Gärung gebracht. Dieser erste Ansatz wird darauf in einem Dreihektoliter-Faß, welches vorher durch Ausbrühen und Einleiten von Dampf sterilisiert worden 30 ist, mit dem zur Flaschengärung bestimmten gezuckerten Wein auf 200 bis 300 Liter vermehrt. Der gärende Wein dieses Stammfasses dient als Anstellhefe. Es genügen davon 30—40 Liter, um je 1000 Liter gezuckerten Weines in Gärung zu versetzen. Das Stammfaß wird während der Dauer der „Tirage", d. h. in der Zeit, in der die einzelnen Cuvées 35 gezuckert und auf die Flasche gebracht werden, nach jeder Entnahme von Anstellhefe mit der gleichen Menge gezuckerten Weines wieder aufgefüllt.

Die Vorteile der Reingärung liegen bei der Herstellung von Schaumweinen so offensichtlich zutage wie bei keinem anderen Zweige 40 der Weinbereitung. Die ursprüngliche Art der Schaumweinbereitung ist mit allen Fehlern der Zufallsgärung behaftet, die hier um so mehr ins Gewicht fallen, weil fast jede Nebengärung zum Umfüllen der Flaschen zwingt und die Weine nicht selten für die weitere Verwertung bei der Anfertigung von Schaumweinen überhaupt unbrauchbar macht. In der 45 Technik hatte man sich zwar in der Weise zu helfen versucht, daß man zur Einleitung der Flaschengärung Trubhefe von Stillweinen oder gärende Schaumweine benutzte, aber es ist zweifellos, und die vielen Mißerfolge der Praxis beweisen es, daß dieses Verfahren bei der Schaumweinbereitung noch weniger am Platze ist als bei der normalen Umgärung von Weinen. 50 Der bei der Flaschengärung entstehende Trub bleibt in der Regel mehrere Jahre in den Weinen liegen, ehe er durch Degorgieren aus den Flaschen entfernt wird. Dabei sterben die Hefen nach den Beobachtungen von Cordier (1) und Pacottet (1) fast ausnahmslos ab, während die Lebens-

fähigkeit der etwa vorhandenen Bakterien nicht wesentlich geschädigt werden dürfte. Daher ist es um so wichtiger, daß die Anstellhefe von Unreinigkeiten und Krankheitskeimen, insbesondere von Bakterien, frei ist, eine Anforderung, der eben nur die Reinhefen genügen. Ihre Einführung in die Praxis der Schaumweinbereitung hat nach Mitteilungen der Industrie, über die MÜLLER-THURGAU (13) und WORTMANN (5 u. 6) berichtet haben, denn auch fast ausnahmslos große praktische Erfolge gezeitigt. Die Flaschengärung wird durch die Reinhefen nicht nur gesichert, sondern auch wesentlich abgekürzt. Die „Dosierung" der Cuvées, d. h. die Bestimmung der zur Flaschengärung erforderlichen Zuckermengen ist heute erleichtert und die Gewähr dafür geboten, daß der berechnete Kohlensäuredruck in den Flaschen wirklich erreicht wird. Die Reinhefen erleichtern ferner die Arbeit des Rüttelns und Degorgierens. Sie liefern reintönige Weine von gleichbleibendem Charakter, wie er für die Zwecke der Schaumweinindustrie notwendig ist. Nach Angaben MÜLLER-THURGAU's (13) scheinen sie den Weinen außerdem einen höheren Glanz zu verleihen als die bei der Rohgärung wirksame Trubhefe. Eine unerläßliche Vorbedingung für diese Erfolge ist allerdings, daß zur Schaumweinbereitung nur gesunde, gut ausgebaute Weine benutzt werden, die nötigenfalls durch Schönen oder Filtrieren sorgfältig zu klären sind. Auf weitere Einzelheiten der Technik wird im folgenden Kapitel einzugehen sein.

Literatur

zum Kapitel Die Anwendung von Reinhefen in der Most-Gärung.

*__Aderhold,__ R., (1) Landw. Jahrbücher, 1894, Bd. 23, S. 587. — (2) Verhandlungen a. d. Generalvers. d. Deutsch. Weinbau-Vereins in Neuenahr 1893. Mainz 1894, S. 69. *__Alliot,__ H., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1902, Bd. 134, S. 1377; Bull. Soc. chim. Paris, 1902, 3. sér., Bd. 27, S. 1236. *__Andrieu,__ P., (1) Nouvelle méthode de vinification de la vendange par sulfitage et levurage. Bordeaux 1903. *__Astis,__ G. de, (1) Staz. sperim. agr. ital., 1894, Bd. 26, S. 232. *__Astruc,__ H., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 246. — (2) Progrès agricole et viticole. 1910, 2e sem., S. 221. *__Audibert, X.,__ (1) Revue de Viticulture, 1910, Bd. 33, S. 667. *__Aumann,__ (1) Konserven-Zeitung, 1911, S. 162. *__Babo__ und __Mach,__ (1) Handbuch des Weinbaus und der Kellerwirtschaft, Erster Band (2 Halbbände), Weinbau. 3. Aufl., Berlin 1909 u. 1910; Zweiter Band, Kellerwirtschaft, 4. Aufl., Berlin 1910. *__Baragiola,__ W. I., (1) Das Umgären von Weinen. Habilitationsschrift. Zürich 1907. *__Barbier,__ A., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 456. *__Barth,__ M., (1) Die Obstweinbereitung. 6. Aufl., Stuttgart 1906. *__Bassermann-Jordan,__ Fr., (1) Geschichte des Weinbaus. Frankfurt a. M. 1907, S. 204. *__Bastide,__ (1) Répertoire de Pharmacie, 1877, S. 45; ref. in Biedermanns Centralbl., 1878, S. 717. *__Behrend,__ P., (1) Programm der Kgl. Akademie Hohenheim, 1892. *__Behrens,__ J., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 354. — (2) Jahresbericht d. Großh. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg über 1902. Karlsruhe 1903. *__Bersch,__ Josef, (1) Der Wein und sein Wesen, I. Teil. Wien 1878, S. 123. — (2) Die Weinlaube, 1871, Bd. 3, S. 230. *__Bioletti,__ F. T., (1) Bulletin 197, California Exper. Station, July 1908; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 24, S. 247. *__Bouffard,__ A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1895, Bd. 121, S. 357. *__Braden,__ H., (1) Jahresber. d. Wein- und Obstbauschule zu Ahrweiler über 1904/1905, S. 54; über 1905/06, S. 61; über 1906/07, S. 83. *__Brefeld,__ O., (1) Landw. Jahrbücher, 1874, Bd. 3, S. 65. *__Calmettes,__ C., (1) Moniteur vinicole, 1887, Bd. 32, Nr. 32, 36 und 46. *__Carpené,__ A., (1) Riv. di Viticoltura ed Enologia; ref. in Die Weinlaube, 1884, Bd. 16, S. 417. *__Carpentieri,__ F., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1909, Bd. 42, S. 273. *__Causse,__ L., (1) Revue de Viticulture, 1902, Bd. 18, S. 537. *__Cazeneuve,__ P., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 10, S. 272. *__Cettolini,__ S., (1) Dal Mosto al Vino. Mailand 1910. *__Chauzit,__ B., (1) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 209. *__Chuard,__ E., (1) Chronique agricole du Canton de Vaud, 25. Juni 1892. *__Claudon,__ E., und __Morin,__ E. Ch., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1887, Bd. 104, S. 1109. *__Cluss,__ A., (1) Die Apfelweinbereitung. Stuttgart 1901. *__Cordier,__ I. A., (1) Recherches sur les levures du vignoble de Champagne. Paris (o. J.). — (2) In: Pacottet (1). *__Cuboni,__ G., und __Pizzigoni,__ A., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1893, Bd. 25, S. 7. *__Curtel,__ G., (1) Revue

de Viticulture, 1902, Bd. 18, S. 693. ***Delbrück,** M., und **Schönfeld,** F., (1) System der natürlichen Hefenreinzucht. Berlin 1903. ***Doyen,** E., (1) La fermentation et l'emploi des levures dans la fabrication des vins et des hydromels. Commercy 1894. ***Dubourg,** E., (1) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 467. ***Dugast,** J., (1) Vinification dans les Pays chauds. Paris 1910. — (2) Revue de Viticulture, 1899, Bd. 11, S. 184. ***Dupont,** E., und **Ventre,** I., (1) Annales de l'école nation. d'agricult. de Montpellier, Nouv. Série, 1907, Bd. 7, S. 136. ***Erdélyi,** J., (1) Die Weinlaube, 1884. Bd. 16, S. 439. ***Fernbach,** A., (1) Progrès agricole et viticole, 1910, 2e Sem., S. 9. ***Fonseca,** A., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1891, Bd. 21, S. 337. — (2) Ebenda, 1896, Bd. 29, S. 185. ***Forti,** C., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1891, Bd. 21, S. 241. — (2) La Bière, 1897, Bd. 5, S. 9; ref. in Kochs Jahresb., 1897, S. 99. — (3) Bollettino di Notizie agrarie, 1896, S. 363; ref. in Kochs Jahresb., 1896, S. 131, und 1897, S. 112. ***Fuchs,** A., (1) Verfahren zur Vergärung von Rotweinmaischen. D. R. P., Kl. 6c, Nr. 161917 v. 6. 5. 1904 (21. 7. 1905). ***Gantter,** F., (1) Verhandlungen des XV. Deutschen Weinbaukongresses in Heilbronn. Mainz 1897, S. 98. ***Garcia,** G. de, (1) Revista de San Isidro Barcelona, 5 de Enero de 1911; ref. in Bulletin du Bureau des renseignements agricoles et des maladies des plantes, 1911, Bd. 2, S. 402. ***Gastine,** (1) Ref. in Kochs Jahresb., 1897, S. 137. ***Gayon** und **Blarez,** (1) Comptes rendus de la Chambre syndicale des vins de Bordeaux, 1890; Staz. sperim. agr. ital., 1890, Bd. 19, S. 381. ***Gimel,** G., (1) Bulletin de l'Assoc. des chimistes de sucr. et de dist., 1905/6, Bd. 23, S. 669. ***Girard,** Ch., (1) Annales d'hygiène publ., 1892, Bd. 27, S. 45. ***Goethe,** R., (1) Geisenheimer Jahresbericht für 1891. Wiesbaden 1892, S. 23—26. ***Griessmayer,** (1) Industrieblätter, 1877, S. 249; ref. in Biedermanns Centralbl., 1881, S. 632. ***Günther,** A., (1) Die Gesetzgebung des Auslandes über den Verkehr mit Wein. Berlin 1910. ***von der Heide,** C., (1) In: Babo und Mach (1), Bd. 2, S. 520. ***von der Heide,** C., und **Baragiola,** W. I., (1) Landw. Jahrbücher. 1910, Bd. 39, S. 1021. ***Hoffmann,** Th., (1) Weinbau und Weinhandel. 1895, S. 289. ***Holm,** H. C., (1) Bulletin 197, California Experiment Station, July 1908; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 24, S. 248. ***Hugounenq** und **Audoynaud,** (1) Moniteur vinicole, 1888, Bd. 33, Nr. 64—66. ***Jacquemin,** G., (1) Ref. in Kochs Jahresb., 1894, S. 174. — (2) Guide de l'emploi des levures sélectionnées. Paris (o. J.), S. 37. ***Jacquemin,** G., und **Alliot,** H., (1) La Cidrerie moderne. Nancy 1902. — (2) Préparation moderne de l'hydromel et des vins de fruits. Paris 1907. ***Jeanprêtre,** J., (1) Archives des sciences phys. et nat., 1902, Bd. 13, S. 154; ref. in Kochs Jahresb., 1902, S. 313; Rapport annuel de l'Ecole cantonale de viticulture à Auvernier, 1897, S. 12. ***Kallivocas,** C., (1) Bulletin de l'Assoc. des chimistes de sucr. et de dist., 1904/5, Bd. 22, S. 942. ***Kayser,** E., (1) Ann. Pasteur, 1890, Bd. 4, S. 321. — (2) Ebenda, 1892, Bd. 6, S. 569. — (3) Revue de Viticulture, 1901, Bd. 16, S. 146. ***Kayser,** E., und **Barba,** G., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 61 u. 89; 1898, Bd. 10, S. 183 u. 298. — (2) Extr. du Bulletin du Ministère de l'Agriculture. Paris, 1896, S. 16; ref. in Kochs Jahresb., 1896, S. 126. — (3) Extr. du Bulletin du Ministère de l'Agriculture, Paris, 1896, S. 43; ref. in Kochs Jahresb., 1896, S. 126. — (4) Revue de Viticulture, 1899, Bd. 12, S. 93 u. 129. — (5) Ebenda, 1900, Bd. 13, S. 534. ***Kayser,** E., und **Boullanger,** E., (1) Gazette du Brasseur, 1897, Nr. 525. ***Kayser,** R., (1) Repertorium d. analyt. Chemie etc., 1881, Bd. 1, S. 2; ref. in Biedermanns Centralbl., 1881, Bd. 10, S. 632. ***Kehlhofer,** W., (1) Die Klärung des Mostes. Aarau 1905. — (2) Schweiz. Wochenschrift f. Chemie und Pharmacie, 1906, Nr. 24 u. 25; Bericht d. Schweiz. Versuchsanstalt in Wädenswil für 1905 u. 1906, S. 106. — (3) Schweiz. Wochenschrift f. Chemie und Pharmacie, 1906, Nr. 38—40. — (4) VIII. Jahresbericht der Versuchsstation für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil. Zürich 1899, S. 53. — (5) V. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1896, S. 47. ***Kehlhofer,** W., und **Huber,** P., (1) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1910, S. 309. ***Klöcker,** A., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1900, Bd. 5, S. 59. ***König,** J., (1) Chemie der menschl. Nahrungs- u. Genußmittel. 2. Aufl., Berlin 1893, 2. Teil, S. 786. ***Kramer,** E., (1) Jahresbericht des Obstbauvereins für Mittelsteiermark für 1891/92; cit. n. Wortmann (14). ***Kroemer,** K., (1) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1907, Bd. 19, S. 35. — (2) Rheinische Weinzeitung, 1907, Nr. 14. — (3) Geisenheimer Jahresbericht für 1909, Berlin 1910, S. 107. — (4) Ebenda, S. 109. ***Kühn,** W., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 470; Journ. de la distill. franç., 1897, S. 251. ***Kulisch,** P., (1) Weinbau und Weinhandel, 1907, S. 31. — (2) Anleitung zur sachgemäßen Weinverbesserung, 3. Aufl., Berlin 1909. — (3) Fühlings landw. Zeitg., 1902, S. 905. — (4) Weinbau und Weinhandel, 1899, S. 12. — (5) Geisenheimer Jahresbericht für 1898. Wiesbaden 1899, S. 92. ***Laborde,** J., (1) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 226. — (2) Ebenda, 1909, Bd. 31, S. 640. ***Labounoux,** P., und **Touchard,** P., (1) Le Cidre. Paris 1910. ***Lendner,** A., (1) Archives des sciences phys. et nat., 1900, 4. Periode, Bd. 9, S. 372. ***Löschnig,** J., (1) Die Obstweinbereitung. Wien 1911. ***van Look,** (1) J. federated Inst. Brewing, 1897; ref. in Kochs Jahresb., 1897, S. 138. ***Lopriore,** G., (1) Annali di Agricoltura del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, Bd. 215; ref. in Mitteilungen d. Deutschen Landwirtschafts-

gesellschaft, 1897, Bd. 12, Nr. 20. ***Mach,** E., und **Portele,** K., (1) Landw. Versuchsstationen, 1892, Bd. 41, S. 233. ***Magnanini,** G., (1) Bericht ü. d. V. Internat. Kongreß f. angew. Chemie in Berlin 1903, Bd. 4, S. 661. ***Magnier de la Source,** (1) Répertoire de Pharmacie, Bd. 9, S. 357; ref. in Biedermanns Centralbl., 1882, S. 286. ***Marès,** R., (1) Revue de Viticulture, 1908, Bd. 30, S. 225. ***Martin,** J. B., (1) Progrès agricole et viticole, 1907, Ie Sem., S. 69. ***Martinand,** V., (1) Bulletin de l'Assoc. des chimistes de sucr. et de dist., 1889/90, Bd. 8, S. 182. — (2) Revue de Viticulture, 1902, Bd. 18, S. 207. — (3) Ebenda, 1907, Bd. 28, S. 177. — (4) Ebenda, 1909, Bd. 32, S. 346 u. 380. — (5) Ebenda, 1910, Bd. 33, S. 452. ***Marx,** L., (1) Moniteur scientifique, 1888, 4. sér., Bd. 2, S. 1273. ***Mathieu,** L., (1) Revue de Viticulture, 1902, Bd. 18, S. 183. ***Meinecke,** E. V., (1) Weinbau und Weinhandel, 1897, S. 129. ***Meissner,** R., (1) Des Küfers Weinbuch. Stuttgart 1909. — (2) In: Babo und Mach (1), 2. Bd., S. 86, 91, 102 u. 105. — (3) Anleitung z. mikroskop. Untersuchung u. Reinzüchtung d. häufigsten im Most und Wein vorkommenden Pilze. Stuttgart 1901. — (4) Weinbau und Weinhandel, 1909, S. 397. ***Mendivil,** P. Y., (1) J. federated Inst. Brewing, 1900, S. 129; ref. in Kochs Jahresb., 1900, S. 180. ***Meunier,** L., (1) Bulletin de l'Assoc. des chimistes de sucr. et de dist., 1906/7, Bd. 24, S. 320. ***Miroy,** C., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 10, S. 249. — (2) Ebenda, 1899, Bd. 11, S. 575. ***Moncure,** W. A. P., und **Ellet,** W. B., (1) Report of Virginia Agric. Experiment Station, 1908, S. 99; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 25, S. 500. ***Müller-Thurgau,** H., (1) Verhandlungen des XI. Deutschen Weinbaukongresses in Trier. Mainz 1889, S. 80. — (2) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1910, S. 268. — (3) Schweiz. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau, 1895, Bd. 4, S. 9. — (4) Verhandlungen des XI. Deutschen Weinbaukongresses in Trier. Mainz 1889, S. 89. — (5) Verhandlungen des XII. Deutschen Weinbaukongresses in Worms. Mainz 1891, S. 128, 141 u. 142. — (6) III. Jahresbericht der Versuchsstation für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil. Zürich 1894, S. 73. — (7) IV. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1895, S. 64 u. 74. — (8) V. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1896, S. 72, 83 u. 91. — (9) Ebenda, S. 76. — (10) VI. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1898, S. 54. — (11) Ebenda, S. 58. — (12) VIII. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1900, S. 109. — (13) Verhandlungen des XIV. Deutschen Weinbaukongresses in Neustadt a. d. Haardt. Mainz 1896, S. 30; Weinbau und Weinhandel, 1895, Bd. 13, Nr. 40—42. — (14) Weinbau und Weinhandel, 1889, Bd. 7, S. 477. — (15) X., XI. u. XII. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1902, S. 85. — (16) VII. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1899, S. 63. — (17) Schweiz. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau, 1895, S. 157; IV. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1895, S. 78; V. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1896, S. 67. — (18) Die Herstellung unvergorener und alkoholfreier Traubenweine. 6. Aufl., Frauenfeld 1902. — (19) V. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1896, S. 98. — (20) VII. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1899, S. 56. — (21) IX. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1901, S. 73; Weinbau und Weinhandel, 1903, S. 426. — (22) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 17, S. 11. — (23) Ebenda, 1898, Bd. 4, S. 849. — (24) Schweiz. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau, 1901, S. 70; VIII. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1900, S. 108. — (25) V. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1896, S. 97. — (26) IV. Jahresbericht etc. Wädenswil. Zürich 1895, S. 68. ***Müller-Thurgau,** H., und **Osterwalder,** A., (1) Bericht d. Schweiz. Versuchsanstalt etc. in Wädenswil für 1905 und 1906. S. 53; Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1908. — (2) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1910, S. 251. ***Müntz,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 331. ***Müntz,** A., und **Rousseaux,** E., (1) Revue de Viticulture, 1895, Bd. 3, S. 505, und Bd. 4, S. 149; 1896, Bd. 5, S. 436; 1897, Bd. 7, S. 365. — (2) Ebenda, 1896, Bd. 5, S. 438. — (3) Ebenda, 1896, Bd. 5, S. 601; 1897, Bd. 7, S. 397. — (4) Ebenda, 1896, Bd. 5, S. 441. — (5) Ebenda, 1895, Bd. 4, S. 151. — (6) Ebenda, 1897, Bd. 7, S. 435. ***Nastükoff,** A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 420. ***Nathan,** E., (1) Gartenflora, 1891, S. 297. — (2) Fortschritte auf dem Gebiete der Fruchtweinbereitung. Vortrag. Stuttgart 1893. ***Nencki,** M., (1) J. f. prakt. Chem., 1882, Bd. 133, S. 284. ***Nessler,** Julius, (1) Die Bereitung, Pflege und Untersuchung des Weines. 8. Aufl., Stuttgart 1908. ***Neubauer,** C., (1) Annalen der Oenologie, 1876, Bd. 5, S. 158. ***Nußbaumer,** Th., (1) Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel, 1910, Bd. 20, S. 272. ***Ordonneau,** Ch., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1885, Bd. 101, S. 847, und Bd. 102, S. 217. ***Osterwalder,** A., (1) X., XI. u. XII. Jahresbericht der Versuchsstation für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil. Zürich 1902, S. 90. — (2) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1903, S. 419. — (3) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 16, S. 35. ***Otto,** R., (1) Landw. Jahrbücher, 1898, Bd. 27, S. 261. ***Pacottet,** E., (1) Vinification. 2. Aufl., Paris 1908. — (2) Revue de Viticulture, 1907, Bd. 28, S. 397. — (3) Ebenda, 1910, Bd. 35, S. 57 u. 113. — (4) Ebenda, 1909, Bd. 32, S. 281. ***Pantanelli,** E., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1906, Bd. 49, S. 543. ***Paris,** G., (1) Giornale di Viticoltura ed Enologia, 1906, 3. ser., Bd. 13, S. 175; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 18, S. 517. ***Passerini,** N., (1) Atti d. Acc. dei Georgofili in Firenze, 1904, Bd. 82,

S. 244. ***Pasteur,** L., (1) Etudes sur la bière. Paris 1876. — (2) Ebenda. S. 224. ***Peglion,** V., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1895, Bd. 28, S. 369. ***Perraud,** J., (1) Revue trimestrielle de la station viticole de Villefranche (Rhône), 1891. ***Pichard,** P., (1) Journal de l'agriculture, 1883, Bd. 2, S. 149. ***Pini,** C. R., (1) Revue de Viticulture, 1908, Bd. 30, S. 448. ***Pollacci,** (1) Die Weinlaube, 1879, Bd. 11, S. 345. ***Portes,** (1) Répertoire de Pharmacie, 1891, Bd. 47, S. 290. ***Pozzi-Escot,** E., (1) Bulletin de l'Assoc. des chimistes de sucr. et de dist., 1906, Bd. 23, S. 1021. ***Prott,** K., (1) Allgemeine Weinzeitung, 1910, S. 307. ***Quantin,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1892, Bd. 114, S. 369. ***Ravizza,** F., (1) Staz. sperim. agr. ital. 1890, Bd. 18, S. 573; 1892, Bd. 22, S. 113. — (2) Ebenda, 1893, Bd. 24, S. 593; 1894, Bd. 26, S. 357. ***Reess,** M., (1) Annalen der Oenologie, 1872, Bd. 2, S. 145. ***Reihlen,** F. A., (1) Der Weinbau, 1881, Bd. 7, S. 109. ***Ricciardelli,** N., (1) Bollettino del Ministero di Agricoltura, Ser. 2, Bd. 4, S. 400; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 18, S. 518. ***Rietsch,** (1) Conférence faite à Lyon sous les auspices de la Société d'Horticulture pratique du Rhône, 1er juillet 1890. ***Rietsch** und **Martinand,** (1) Progrès agricole et viticole, 1890, Nr. 13. ***Rocques,** X., (1) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 601; 1898, Bd. 10, S. 159. ***Rommier,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1883, Bd. 98, S. 1594; 1884, Bd. 99, S. 879. — (2) Ebenda, 1889, Bd. 108, S. 1322. — (3) Ebenda, 1890, Bd. 110, S. 1341; 1891, Bd. 113, S. 386. ***Rosenstiehl,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 566, und Revue de Viticulture, 1897, Bd. 7, S. 710; 1898, Bd. 10, S. 179; 1899, Bd. 11, S. 509. — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1900, Bd. 130, S. 195. — (3) Ebenda, 1902, Bd. 134, S. 1378. — (4) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 14, S. 281. — (5) Ebenda, 1897, Bd. 7, S. 390. — (6) Ebenda, 1898, Bd. 9, S. 11. — (7) Comptes rend. de l'Ac., 1899, Bd. 128, S. 1050. ***Rousseaux,** E., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 10, S. 173. — (2) Ebenda, S. 145. — (3) Ebenda, S. 461. ***Roy-Chevrier,** J., (1) Revue de Viticulture, 1899, Bd. 11, S. 85. ***Saillard,** E., (1) Zeitschrift d. Vereins d. Deutschen Rübenzuckerindustrie, 1905, S. 448. ***Schander,** R., (1) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1905, S. 21. ***Schnell,** (1) Zeitschr. f. angew. Chemie, 1894, S. 417. ***Schuch,** J., (1) Die Weinlaube, 1906, Bd. 38, S. 437. ***Seifert,** W., (1) Zeitschrift f. d. landwirtsch. Versuchswesen in Oesterreich, 1907, Bd. 4, S. 215 u. 227. — (2) Die Weinlaube, 1901, Bd. 33, S. 2. — (3) Mitteilungen des Vereins z. Schutze d. österr. Weinbaus, 1908, S. 4575, 4613, 4614 u. 4617. — (4) Zeitschrift f. d. landwirtsch. Versuchswesen in Oesterreich, 1906, Bd. 9, S. 1019. ***Sémichon,** L., (1) Traité des maladies des vins. Montpellier 1905. — (2) Revue de Viticulture, 1899, Bd. 12, S. 324. — (3) Ebenda, 1900, Bd. 14, S. 393. ***Spica,** (1) Staz. sperim. agr. ital., 1891, Bd. 20, S. 247. ***Veckenstedt,** E., (1) Der Met nach Wesen u. geschichtlicher Bedeutung. Leipzig 1897. ***Ventre,** J., (1) Progrès agricole et viticole, 1910, 2e Sem., S. 164. ***Venturi,** G. A., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1906, Bd. 38, S 978. ***Vitali,** (1) Staz. sperim. agr. ital., 1891, Bd. 21, S. 651. ***Wagner,** A., (1) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1898, Bd. 10, S. 101. ***Weigelt,** (1) Der Weinbau, 1880, Bd. 6, S. 132. ***Windisch,** A., (1) Die chemische Untersuchung und Beurteilung des Weines. Berlin 1906, S. 19. ***Wortmann,** J., (1) Geisenheimer Jahresbericht für 1897. Wiesbaden 1898, S. 75. — (2) Landw. Jahrbücher, 1892, Bd. 21, S. 901. — (3) Ebenda, 1894, Bd. 23, S. 535. — (4) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1892, Bd. 4, S. 97 u. 161. — (5) Ebenda, 1893, Bd. 5, S. 81. — (6) Verhandlungen des XIII. Deutschen Weinbaukongresses in Mainz. Mainz 1895, S. 57. — (7) Anwendung u. Wirkung reiner Hefen in der Weinbereitung. Berlin 1895. — (8) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1895, Bd. 7, S. 65. — (9) Ebenda, S. 107. — (10) Die wissenschaftlichen Grundlagen der Weinbereitung und Kellerwirtschaft. Berlin 1905. — (11) Geisenheimer Jahresbericht für 1893. Wiesbaden 1894, S. 67. — (12) Landw. Jahrbücher, 1904, Bd. 33, S. 141. — (13) Geisenheimer Jahresbericht für 1896. Wiesbaden 1897, S. 172. — (14) Weinbau und Weinhandel, 1893, S. 463. — (15) Mitteilungen über Obst- und Gartenbau, 1901, S. 129. — (16) Geisenheimer Jahresbericht für 1896. Wiesbaden 1897, S. 166. ***Zecchini,** M., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1889, Bd. 17, S. 400. ***Zecchini,** M., und **Ravizza,** F., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1895, Bd. 28, S. 189. ***Zecchini,** M., und **Silva,** E., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1889, Bd. 16, S. 71. ***Zweifler,** Fr., (1) Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1895, Bd. 7, S. 20. — (2) Geisenheimer Jahresbericht für 1896. Wiesbaden 1897, S. 85. — (3) Geisenheimer Jahresbericht für 1898. Wiesbaden 1899, S. 26.

(Manuskript-Einlauf: 17. April 1913.)

17. Kapitel.

Hauptgärung und Nachgärung des Weines.

Von

Prof. Dr. Karl Kroemer.

§ 102. Einfluß der Mostbestandteile und der Gärprodukte auf Hefenwachstum und Gärung.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Obst- und Traubenmoste findet man Näheres bei Grünhut (1), C. von der Heide (1), C. von der Heide und Baragiola (1), Kroemer (1), Meissner (1), Nessler (1) und Windisch (1 u. 2). Zahlreiche vergleichende Angaben über deutsche Traubenmoste und Weine enthalten die alljährlich erscheinenden „Ergebnisse der amtlichen Weinstatistik" (1). Von den verschiedenen Mostbestandteilen und den bei der Gärung entstehenden Stoffen wirken auf die Tätigkeit der Hefen am meisten ein die Zuckerarten, die organischen Säuren, die Stickstoffkörper, die Mineralbestandteile, die Gerbstoffe, die Farbstoff-Verbindungen, der Alkohol und die Kohlensäure.

Von **Zuckerarten** kommt für die Arbeit der Hefen neben der d-Glucose und der d-Fructose, den natürlichen Bestandteilen aller Trauben- und Obstmoste, im wesentlichen nur noch die im Saft von Aepfeln, Birnen, Aprikosen und einigen anderen Obstfrüchten mit auftretende Saccharose in Betracht. Letztere ist auch deswegen zu erwähnen, weil die zur Weinbereitung dienenden Fruchtsäfte vielfach einen künstlichen Zusatz von Rohrzucker erhalten. Wie im § 21 des Vierten Bandes näher erörtert ist, dienen die Zuckerarten den Hefen als Bau-, Betriebs- und Gärungsstoffe. Was zunächst den Verbrauch des Zuckers zur Neubildung von Zellmasse anbelangt, so sei erwähnt, daß wir über die Zuckermengen, die unter den Verhältnissen der Weingärung in dieser Weise verarbeitet werden, nicht genau unterrichtet sind. Wortmann (1 u. 2) gibt unter Hinweis auf Pasteur an, daß etwa 5 Proz. des vorhandenen Gesamtzuckers von der Hefe assimiliert werden, womit man die Angaben auf S. 96 des Vierten Bandes vergleiche. Im Kellereibetrieb entstehen bei der Trauben- und Obstwein-Gärung nach Windisch (2) jedenfalls aus 100 Gewichtsteilen Invertzucker nur durchschnittlich 46 Gewichtsteile Alkohol, wobei jedoch zu beachten ist, daß die Abweichung von der theoretisch zu fordernden Alkohol-Ausbeute in diesem Falle nicht nur durch den Zuckerverbrauch zum Aufbau neuer Hefenzellen bedingt ist, sondern auch durch die Atmungstätigkeit der Hefen, den Stoffwechsel anderer Organismen und die Verdunstung von Alkohol während der stürmischen Gärung.

Ueber den Einfluß des Zuckergehaltes der Moste auf Hefenwachstum und Gärung sind auf S. 119 des Vierten Bandes schon einige Angaben gemacht worden. Für die Traubenmost-Gärung hat Müller-Thurgau (1) nachgewiesen, daß der Zuckergehalt innerhalb der für gewöhnliche Moste in Betracht kommenden Grenzen auf die Höhe der stärksten Gärungsenergie nur einen unbedeutenden Einfluß ausübt, wozu allerdings zu bemerken ist, daß sich diese Feststellung nicht auf Rein-

gärungen bezieht. Die in der Praxis beobachtete Tatsache, daß kleine, zuckerarme Moste stürmischer gären als gute Jahrgänge von höherem Zuckergehalt, ist nach MÜLLER-THURGAU (1) weniger durch den Unterschied im Zuckergehalt bedingt als durch die Abweichungen in der Beschaffenheit und Menge der für die Ernährung der Hefen notwendigen Stickstoffverbindungen, eine Frage, auf die weiter unten noch zurückzukommen sein wird. Am günstigsten für die Mostgärung ist nach WINDISCH (3) ein Zuckergehalt von 10—18 Proz., nach MEISSNER (2) ein solcher von 15—18 Proz., womit man die Angabe von LAURENT (1) vergleiche, wonach in künstlichen Nährlösungen die Gärung bei einer Zuckerkonzentration von 10—15 Proz. am besten vor sich gehen soll. Schon auf S. 119 des Vierten Bandes ist erwähnt worden, daß in Nährlösungen von sehr hoher Zuckerkonzentration die Vermehrung der Hefenzellen erschwert oder ganz behindert ist. Bei der Vergärung gewöhnlicher Obst- und Traubenmoste, deren Zuckergehalt in der Regel nicht höher ist als 21 Proz., tritt eine Hemmung dieser Art nicht ein; sie macht sich aber bemerkbar, wenn der Zuckergehalt der Säfte über 25 Proz. steigt, wie das schon bei Mosten reifer Trauben unter Umständen der Fall ist. Stets zeigt sie sich bei der Vergärung von Auslesemosten und gezuckerten Fruchtsäften, wie sie zur Herstellung von Süßweinen benutzt werden. Derartige Moste enthalten neben anderen Stoffen, die osmotisch auf die Hefenzellen einwirken, bis 40 Proz. und mehr Zucker und brauchen oft mehrere Jahre, bis sie ausgegoren haben. Man vergleiche hiermit die Angaben von MÜLLER-THURGAU (2) und WORTMANN (1) und die Ausführungen auf S. 373 u. 374 des vorliegenden Bandes, aus denen hervorgeht, daß die gärungshemmende Wirkung des Zuckers in den aus edelfaulen Beeren hergestellten Mosten durch Botrytis-Gifte und den Mangel an geeigneter Stickstoffnahrung noch verstärkt wird. Die Zuckerkonzentration, bei welcher die Gärfähigkeit der Fruchtsäfte überhaupt aufhört, ist mit allgemeiner Gültigkeit nicht festzulegen. MÜLLER-THURGAU (3) hat noch in einem Beerenauslese-Most mit einem Gehalt von 50 Proz. Zucker Hefenwachstum und Gärung beobachtet. Doch scheint diese Konzentration auch nahezu die Grenze für die Gärtätigkeit der Weinhefen zu bilden, wenigstens hat EM. LAURENT (1) bei den schon auf S. 119 des Vierten Bandes erwähnten Untersuchungen beobachtet, daß Weinhefen bei Gegenwart von ungefähr 60 g Zucker in 100 ccm Nährlösung merkliche Vermehrung der Zellen nicht mehr zeigen. E. DUBOURG (1) will allerdings aus süßen Weißweinen der Sauterne Hefen abgeschieden haben, die sich noch in 80-proz. Invertzuckerlösung betätigen können. Die Einwirkung des Zuckergehaltes der Moste auf den Stoffwechsel der Hefenzellen wird in den §§ 106 u. 107 des vorliegenden Bandes besprochen werden.

Ueber die Wechselbeziehungen zwischen **Säuren** und **Hefen** ist im § 30 des Vierten Bandes ebenfalls schon das Wesentliche gesagt worden. Für die Weinbereitung kommen zunächst die Einwirkungen der natürlichen Fruchtsäuren, nämlich der Weinsäure, der Aepfelsäure und der in einzelnen Beerenfrüchten auftretenden Citronensäure, auf die Hefen in Betracht. Die Ausnutzung dieser Säuren für den Aufbau der Hefenzellen ist nach den auf S. 93 des Vierten Bandes besprochenen Untersuchungen von EM. LAURENT (1) möglich, hat aber für die Praxis der Weinbereitung nur geringe Bedeutung. Wichtiger sind die Reiz- und Giftwirkungen, welche die organischen Säuren auf die Hefen ausüben. Wie LAFAR (1) zuerst an Reinzuchten in neutralisiertem und wieder an-

gesäuertem Most nachgewiesen und auch KAYSER (1, 2, 3) festgestellt hat, äußert sie sich bei den einzelnen Weinhefen verschieden, soll nach KAYSER und BARBA (1) aber auch von der Temperatur und der ganzen Zusammensetzung des Mostes abhängig sein. Kleine Mengen von Weinsäure beeinträchtigen die Weinhefen offenbar nicht, sondern können sie unter Umständen sogar günstig beeinflussen, wie ein Versuch von LAFAR (1) lehrt, bei dem die Weißweinhefen *Scharzhofberg* und *Geisenheim R* in neutralisiertem und dann mit 6,2 Promille Weinsäure versetztem Most bei stärkerer Vermehrung lebhafter gärten als in Most von gewöhnlicher Zusammensetzung. Empfindlicher scheinen die Obstweinhefen zu sein, wenigstens haben MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) beobachtet, daß die Obstweinhefe *Wädenswil 4* in sterilem Theilersbirn-Saft nach Zugabe von 1—3 Promille Weinsäure eine schwache Hemmung ihrer Gärtätigkeit erleidet. Größere Mengen von Weinsäure schädigen auch die Traubenweinhefen, wie aus den Versuchen von LAURENT (1), KAYSER (2 u. 3) und einer Angabe von KAYSER und BARBA (1) hervorgeht. Gegen Aepfelsäure verhalten sich die Weinhefen ganz ähnlich wie gegen Weinsäure: einzelne Rassen vertragen sie nach den Versuchen von KAYSER (1) und LAFAR (1) weniger gut als Weinsäure, andere, wozu auch die von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) geprüfte Obstweinhefe *Wädenswil 4* gehört, bevorzugen sie. Der Einfluß der Citronensäure auf die Weinhefen ist nach FONSECA's (1) Beobachtungen geringer zu veranschlagen als die Einwirkung der Weinsäure, aber immerhin so stark, daß er bei höherer Säurekonzentration ebenfalls zu einer Gärungshemmung führt. Geringe Mengen von Citronensäure begünstigen die Tätigkeit der Weinhefen, wie auch GELM (1) angibt.

Die unmittelbare Reizwirkung der Fruchtsäuren auf die Hefen wird sich im Kellereibetrieb freilich nur dann äußern, wenn den Mosten Säure zugesetzt wird, wie das bei der Vergärung weicher Traubenmoste und der Herstellung gewisser Obst- und Beerenweine nach den Ausführungen auf S. 383 des vorliegenden Bandes zu geschehen pflegt. Ueberall da, wo die Säuren mit der natürlichen Trubflora der Fruchtsäfte in Wechselbeziehung treten, werden sie in der Regel eine Förderung des Gärverlaufs herbeiführen, weil sie die Säure liebenden, an die Moste angepaßten Hefen gegenüber anderen Rassen begünstigen und manche Gärungsschädlinge, so vor allem gewisse Milchsäurebakterien, in der Entwicklung hemmen. Wie aus den Versuchen von MACH und PORTELE (1), sowie FONSECA und CHIAROMONTE (1) hervorgeht, ist die Weinsäure in dieser Beziehung besonders wirksam. Etwas weniger leistungsfähig scheint die Aepfelsäure zu sein. Doch haben MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) beobachtet, daß bei der Verarbeitung säurearmer Obstsäfte unter Umständen schon eine Erhöhung des Aepfelsäure-Gehalts um 3 Promille ausreichend ist, um die Reinheit der Gärung deutlich zu fördern. Besser tritt die Schutzwirkung der Aepfelsäure nach diesen Versuchen allerdings noch hervor, wenn der Säurezusatz auf 5—10 Promille erhöht wird.

Die Bernsteinsäure und die Milchsäure beeinträchtigen in den geringen Mengen, in denen sie bei der Weingärung gewöhnlich auftreten, die Hefen offenbar nicht. Man vergleiche hierzu S. 137 des Vierten und S. 291 des vorliegenden Bandes.

Gegen Essigsäure sind die Weinhefen nach den Untersuchungen von LAFAR (1), BEHRENS (1) und GALLER (1) sehr verschieden empfindlich, im allgemeinen aber widerstandsfähiger als die Brauereihefen, worauf auf S. 137 des Vierten Bandes ebenfalls schon hingewiesen worden ist.

Das Verhalten der Weinhefen gegen Essigsäure hängt nach den Beobachtungen von LAFAR (1) auch davon ab, ob diese allein oder zusammen mit den natürlichen Säuren des Mostes zur Wirkung kommt. Im ersten Falle werden größere Mengen von Essigsäure vertragen. 5 LAFAR (1) fand bei einer Prüfung von 15 Weinhefen, daß in einem Most, dessen natürliche Säure durch 0,78 Proz. Essigsäure ersetzt worden war, noch sämtliche Rassen Gärung zu unterhalten vermochten. Von diesen Hefen blieben gärfähig vierzehn auch bei Gegenwart von 0.88 Proz., drei sogar bei Anwesenheit von 1,00 Proz. freier Essigsäure. In ge- 10 wöhnlichem Most zeigte sich die Weinhefe *Geisenheim R* bei einem Gehalt von 0,6 Proz. natürlicher Säure und 0.27 Proz. Essigsäure weder in der Vermehrung noch in der Gärfähigkeit in nennenswertem Grade behindert. Wurde aber der Essigsäure-Gehalt in diesem Moste auf 0.5 Proz. erhöht, so trat eine merkbare Verzögerung des Gärverlaufs 15 ein, während der Vergärungsgrad noch unverändert blieb. Dieser wurde jedoch bei einer Steigerung des Essigsäure-Gehalts auf 0.74 Proz. ebenfalls erheblich herabgesetzt. Bei Gegenwart größerer Essigsäuremengen vermochte sich die Hefe überhaupt nicht mehr zu betätigen. Bei der Umgärung gezuckerter Weine werden die Hefen durch Essigsäure stärker 20 geschädigt, offenbar, weil sie in diesem Falle gleichzeitig unter dem wachstumshemmenden Einfluß des Alkohols stehen. Nach den Beobachtungen von GALLER (1) kann unter solchen Bedingungen schon ein Zusatz von 0,2 Proz. Essigsäure eine merkbare Verzögerung der Gärung herbeiführen und die Gegenwart von 0.4—0,5 Proz. Essigsäure bereits 25 eine völlige Gärungsstockung zur Folge haben. Unter den Verhältnissen des Kellereibetriebs macht sich der schädigende Einfluß der Essigsäure auf die Gärtätigkeit der Hefen sehr häufig noch stärker bemerkbar und ist dann nach den Angaben von WINDISCH (3) und WORTMANN (1) schon bei einem Gehalt von 0.2 Proz. Essigsäure und weniger oft so störend, 30 daß die Gärung erheblich verzögert und vorzeitig abgebrochen wird. Zum Teil dürfte sich diese Tatsache durch die ältere Beobachtung von NESSLER (1) erklären, wonach die Essigsäure auf den Verlauf der Gärung um so nachteiliger einwirkt, je ungünstiger die übrigen Gärungsbedingungen liegen. Andrerseits ist aber zu beachten, daß an dem Zu- 35 standekommen derartiger Gärungsstockungen neben der Essigsäure noch schädliche Stoffwechselprodukte anderer Art beteiligt sein dürften. Dafür spricht wenigstens der von BEHRENS (1) geführte Nachweis, daß die Weinhefen gegen Gärungs-Essigsäure weit empfindlicher sind als gegen chemisch reine, in Form von Eisessig gebotene Essigsäure. Auf die 40 Möglichkeit, daß die Hefen im Wettbewerb mit Essigsäure bildenden Gärungserregern auch im Nährstoffbezug geschädigt werden könnten, sei hier nur hingewiesen.

Was den **Einfluß** der **stickstoffhaltigen Mostbestandteile** auf den Verlauf der Weingärung anbelangt, so ist zunächst hervorzuheben, daß 45 den Hefen in den zur Weinbereitung dienenden Fruchtsäften ein schwer entwirrbares, in seiner Zusammensetzung nur ganz unzureichend bekanntes Gemisch von Stickstoff-Verbindungen zur Verfügung steht. Erwiesen ist, daß in diesem Stoffgemenge regelmäßig eiweißartige Körper auftreten; nach den Untersuchungen von WINDISCH (2) sind es zum Teil 50 koagulierbare Albumine, zum Teil Albumosen und Peptone, zum Teil auch durch Alkohol fällbare Körper. Insgesamt bilden die Eiweißstoffe allerdings nur einen kleinen Teil der vorhandenen Stickstoffverbindungen; so beträgt die Menge des in Form von koagulierbarem Eiweiß gebundenen

Stickstoffs nach einer von Weigert (1) mitgeteilten Bestimmung Regel's in Traubenmosten nur 1—4 Proz. des Gesamtstickstoffs, und ebenso scheint der Gehalt an Albumosen, Peptonen und anderen Stoffen der Eiweißgruppe gegenüber den stickstoffhaltigen Verbindungen nicht eiweißartiger Natur verhältnismäßig gering zu sein. Stets finden sich unter 5 den gelösten Stickstoff-Verbindungen der Fruchtsäfte auch Amide vor, doch ist nicht bekannt, in welcher Form sie auftreten. Daneben ist immer etwas Ammoniak zugegen, wie von Duclaux (1), Kalbruner (1), Neubauer (1) und Amthor (1) zuerst für Traubenmoste, von Windisch (2) nachträglich auch für die Säfte anderer Früchte festgestellt worden ist. 10 Im Vergleich zu der Menge der übrigen Stickstoff-Verbindungen ist der Ammoniakgehalt nicht als unwesentlich anzusehen; in französischen Traubenmosten schwankt er nach den Untersuchungen von Laborde (1) zwischen 44 und 224 mg im Liter, womit einige von Windisch (2) für deutsche Traubenmoste ermittelte Zahlen annähernd übereinstimmen. 15 Erwähnen wir noch, daß Seifert und Kaserer (1), Metelka (1) und Spica (1) in Traubenmosten auch Nitrate nachgewiesen haben, so ist die Aufzählung der chemisch etwas genauer bekannten Stickstoff-Verbindungen der Moste im wesentlichen beendet. Daß in den Fruchtsäften noch andere Stickstoffkörper auftreten, ist nach den Ergebnissen 20 der Stickstoffbestimmungen sicher; wir kennen aber diese Bestandteile nicht näher und vermögen auch nicht zu sagen, ob sie die Gärung beeinflussen oder nicht. So herrscht in der ganzen Frage nach den Beziehungen der stickstoffhaltigen Mostbestandteile zur Tätigkeit der Hefen noch eine gewisse Unsicherheit, die durch die Tatsache vermehrt 25 wird, daß die chemischen Verfahren, nach denen die eiweißartigen Stoffe der Moste zurzeit bestimmt werden, bei dem hohen Zuckergehalt der Fruchtsäfte richtige Ergebnisse kaum liefern können.

Dieses vorausgeschickt sei zunächst darauf hingewiesen, daß Müller-Thurgau (1, 4, 5) den Einfluß des Stickstoffgehalts der Moste 30 auf die Weingärung zuerst genauer verfolgt hat. Nach seinen Beobachtungen nehmen Schnelligkeit und Stärke der Gärung sowie Menge und Gärkraft der entstehenden Hefe mit steigendem Stickstoffgehalt der Moste zu, was sich besonders auffallend bemerkbar macht, wenn man den Verlauf der Gärung bei dünnen, stickstoffarmen Mosten 35 mit der Gärung von Traubensäften vergleicht, die aus stark mit Stallmist gedüngten Weinbergen stammen und infolgedessen sehr stickstoffreich sind. Solche Moste vergären, wie auf S. 105 des Vierten Bandes bereits erwähnt ist, unter weit stärkerer Hefenentwicklung und viel stürmischer als Traubensäfte von gewöhnlicher Zusammensetzung. Aehnlich tritt 40 der Einfluß des Stickstoffs bei der Vergärung verdünnter Moste zutage, wenigstens hat Müller-Thurgau (5) beobachtet, daß Traubenmoste in einer Verdünnung von einem Teil Most auf fünf Teile Zuckerwasser stets weniger Hefe bilden als in unverdünntem Zustande. Auch die bekannte Erscheinung, daß Jahrgänge von Mosten, die im Stickstoffgehalt 45 voneinander abweichen, meist auch auffallende Unterschiede in der Gärungsintensität zeigen, läßt die Abhängigkeit der Hefentätigkeit von den stickstoffhaltigen Mostbestandteilen erkennen. Die im Anschluß hieran zu erwähnenden Untersuchungen von Müller-Thurgau (5) und Czéh und Müller-Thurgau (1), wonach der Menge der vorhandenen 50 Stickstoff-Verbindungen auch der Stickstoffgehalt der gebildeten Hefen entspricht, sind auf S. 105 des Vierten Bandes bereits mitgeteilt; für die dort angeführten Zahlen gilt allerdings derselbe Vorbehalt wie für

alle derartigen Analysenbefunde, die sich auf Bodensatzhefen beziehen, die mit Ausscheidungen des Gärgutes und der Hefen vermengt sind.

Was die Frage anbelangt, welche Stickstoffverbindungen für die Arbeit der Hefen notwendig sind, so galt bisher allgemein die Annahme, daß die eigentlichen Eiweißstoffe der Moste dafür nicht in Betracht kommen. Wenn sich die Angaben von Pantanelli (1), der in Traubensäften eine Protease nachgewiesen haben will, als richtig erweisen sollten, müßte man freilich mit der Möglichkeit rechnen, daß durch Enzymwirkungen auch diese Körper für die Hefen verwertbar werden. Die von Windisch (2) nachgewiesene Tatsache, daß Obstsäfte beim Vergären auf der Maische Weine von höherem Stickstoffgehalt liefern als bei der Gärung ohne Trester, deutet auf einen derartigen Vorgang ebenfalls hin.

Die Verwertbarkeit der höheren Eiweiß-Spaltungsprodukte, die sich schon aus den auf S. 103 des Vierten Bandes mitgeteilten Tatsachen ergibt, ist in neuester Zeit durch die Untersuchungen von Ehrlich (2) sichergestellt worden. Für die Weinhefen ist sie durch eine Beobachtung von Gelm (1) und besonders durch die auf S. 104 des Vierten Bandes erwähnten Versuche von Behrens (2) erwiesen, bei denen sich herausgestellt hat, daß Weinhefen in Traubenmost bei Gegenwart von 1 Proz. Pepton bedeutend lebhafter gären, aber auch erheblich mehr Extraktbestandteile verbrauchen als unter gewöhnlichen Bedingungen. Die Alkoholausbeute ändert sich dabei nicht. Aehnlich kann nach Behrens ein Asparagin-Zusatz wirken, womit in Ergänzung der auf S. 101 des Vierten Bandes mitgeteilten Beobachtungen die Bedeutung der Amide auch für die Weinhefen klargelegt ist. Wie nötig gerade diese Körper für die Gärung sind, hat in neuerer Zeit Pringsheim (1 u. 2) durch den Nachweis gezeigt, daß die Hefen nur dann gärfähig sind, wenn sie ihr Plasma aus Stickstoff-Verbindungen aufbauen, welche die in den Amiden vorkommende Gruppe —NH—CH—CO— enthalten.

Von den anorganischen Stickstoffquellen kommen die Nitrate in den kleinen Mengen, in denen sie im Most auftreten, für die Arbeit der Hefen nicht in Betracht, womit man das auf S. 101 des Vierten Bandes Gesagte vergleiche. Dagegen können die Ammoniumsalze den Verlauf der Weingärung unter Umständen stark beeinflussen. Die älteren Ansichten über den Wert dieser Stoffe für die Hefe sind im § 22 des Vierten Bandes schon erwähnt, auch sind dort die Untersuchungen über die Bios-Frage besprochen, aus denen Wildiers (1) und andere gefolgert haben, daß die Ammoniumsalze allein zur Ernährung der Hefe nicht ausreichen. Pringsheim (3) hat inzwischen aber gezeigt, daß die Hefen zwar nicht ohne weiteres zur Assimilation von Ammoniakstickstoff befähigt sind, daß sie diese Fähigkeit aber sehr leicht erlangen und dann auch mit dieser Form des Stickstoffs auskommen, wenn sie an die Verarbeitung mineralischer Nährstoffe in geeigneter Weise gewöhnt werden.

Für die Weinbereitung haben diese Fragen besondere Bedeutung wegen des früher weit verbreiteten Gebrauchs der Ammoniumsalze als Gärpulver. Ihre Anwendung ist zurückzuführen auf die auf S. 100 des Vierten Bandes näher besprochenen Arbeiten von Duclaux (1), Müntz und Rousseaux (1), Roos und Chabert (1) und Laborde (1), durch die gezeigt worden ist, daß bei der Weingärung ziemliche Mengen von Ammoniakstickstoff durch die Hefen verbraucht werden. Daraufhin hat

zuerst Audoynaud (1) den Vorschlag gemacht, die Gärung von Traubenmosten durch Zusätze von Ammoniumkarbonat und phosphorsaurem Kalk zu beschleunigen, während Nessler (2) und nahezu gleichzeitig Müller-Thurgau (5) zu demselben Zweck die Verwendung von Chlorammonium empfohlen haben, allerdings nur für die Vergärung von Obst- und Traubensäften. Die Frage nach der Zweckmäßigkeit solcher Zusätze ist später noch von verschiedenen Seiten nachgeprüft worden, wobei insbesondere auch der Nutzen der Ammoniumsalze für die Umgärung von Weinen in Betracht gezogen wurde. Bei diesen Untersuchungen haben Müller-Thurgau (5), Nessler (3), Meissner (3) und Kulisch (1) übereinstimmend beobachtet, daß sich die Gärung von Traubenmosten durch Ammoniumsalze nicht beschleunigen läßt, was sich wohl dadurch erklärt, daß die Hefen in Traubensäften geeignete Stickstoffnahrung in Ueberfluß vorfinden. Erwiesen ist dieser Reichtum an Stickstoffverbindungen durch Müller-Thurgau (5) und Kulisch (1), denen es gelungen ist, deutsche Naturweine nach wiederholter Entfernung des Alkohols durch einfachen Zuckerzusatz fünf- bis sechsmal in Gärung zu bringen. Manche italienische Moste sollen allerdings so arm an Stickstoff sein, daß sie sich unter Zusatz von Ammoniumsalzen besser vergären lassen als in natürlichem Zustande. Nach Meissner (4) gehören hierzu die Muskatmoste, aus denen der unter dem Namen Moscato d'Asti spumante bekannte Wein hergestellt wird, und nach Mensio (2) zuweilen auch Moste der italienischen Rotweinsorten Barbera, Freisa und Nebbiolo. Versuche von Kulisch (1 u. 2) haben dagegen gezeigt, daß die Benutzung von Ammonium-Verbindungen selbst bei der Herstellung von Stachelbeer- und Johannisbeerweinen zwecklos ist, wenn die Fruchtsäfte in der richtigen Weise gestellt und nicht zu stark verdünnt werden. Selbst bei übermäßiger Streckung solcher Säfte ist der Vorteil der Ammoniumsalze für die Gärung, wie aus einigen Beobachtungen von Windisch (4) zu entnehmen ist, so gering, daß er praktisch nicht ins Gewicht fällt und in keiner Weise die Nachteile aufwiegt, die sich aus der starken Verdünnung der Fruchtsäfte für den Verlauf der Gärung und die Haltbarkeit der Weine ergeben. Die diesen Beobachtungen entgegenstehenden älteren Angaben von Nessler (2) und Barth (1) beruhen auf einer unberechtigten Verallgemeinerung der zuerst von Nessler (2) und Müller-Thurgau (5) erwiesenen und später von Otto (1) und Kulisch (1, 2, 3) bestätigten Tatsache, daß die Vergärung von Heidelbeersäften, die den Hefen geeignete Stickstoffverbindungen offenbar nicht in der nötigen Menge bieten, durch Zusätze von 10—40 g Chlorammonium auf 1 Hektoliter Most in der Tat wesentlich gefördert wird. Wie Kulisch (1) festgestellt hat, kann dadurch die Kohlensäureabgabe im Anfange der Gärung auf das Zehnfache und mehr gesteigert werden. Es macht dabei keinen wesentlichen Unterschied aus, ob Chlorammonium, weinsaures Ammoniak oder phosphorsaures Ammoniak verwendet wird. Wie bei der Herstellung von Heidelbeerweinen ist nach den Erfahrungen von Kulisch (1) auch bei der Vergärung von Preißelbeer-Säften (*Vaccinium Vitis Idaea* L.) ein Zusatz von Ammoniumsalzen angebracht. Dasselbe soll nach einer Mitteilung von Gren (1) für die Vergärung mancher Apfelmoste zutreffen, während für die Apfelweinbereitung im allgemeinen Ammoniumsalze zum mindesten entbehrlich sein dürften.

Von einer gewissen Tragweite für die Praxis ist die Frage, ob ein Zusatz von Ammoniumsalzen für die Umgärung von Weinen notwendig ist. Da während der Hauptgärung beträchtliche Mengen von

Stickstoff für den Aufbau des Hefenplasmas verbraucht werden, ist die Vermutung naheliegend, daß wenigstens die kleineren, körperarmen Weine an assimilierbaren Stickstoff-Verbindungen nicht sehr reich sind. Ausgehend von dieser Annahme ist die Verwendung von Ammonium-
5 salzen für die Umgärung von Weinen von MÜLLER-THURGAU (6), WORTMANN (1), WINDISCH (3) und anderen wiederholt empfohlen worden; MÜLLER-THURGAU (6) hat auch gezeigt, daß bei der Umgärung stark überstreckter schweizerischer Weißweine der Gebrauch des genannten Mittels tatsächlich von Erfolg sein kann. Bei neuen Untersuchungen von KULISCH (1)
10 hat sich aber herausgestellt, daß bei der Umgärung deutscher Weine, die genau nach den gesetzlichen Bestimmungen behandelt und nicht etwa übermäßig verdünnt werden, ein Zusatz von Ammoniumsalzen nicht erforderlich ist. Zu ähnlichen Feststellungen ist MEISSNER (3) gelangt, bei dessen Versuchen ein Chlorammonium-Zusatz die Gärung zwar bei
15 einigen Weinen im Anfang etwas beschleunigte, bei der Mehrzahl der untersuchten Weine aber überhaupt nicht förderte. In einzelnen Fällen wirkte die Gegenwart von Ammoniumsalzen bei Mosten wie bei Weinen sogar verzögernd auf die Gärung ein, was auch von KULISCH (1) beobachtet wurde. Wesentlich auf diese Ermittelungen ist es zurück-
20 zuführen, daß die Verwendung von Ammoniumsalzen zur Beschleunigung der Weingärung in Deutschland gesetzlich nicht mehr zulässig ist.

Der Gehalt der Fruchtsäfte an **Mineralstoffen**, insbesondere an Phosphaten, Sulfaten und anderen Salzen des Kaliums, Calciums und Magnesiums, reicht zur Ernährung der Hefen völlig aus und sinkt nach den
25 Erfahrungen von WORTMANN (1) und anderen selbst bei den kleinsten, gehaltärmsten Traubenmosten nicht unter das für einen glatten Verlauf der Gärung erforderliche Maß. Entgegen dieser Ansicht glaubt man in Frankreich, daß stickstoffarme Traubenmoste der Hefe unter Umständen zu wenig Phosphate bieten. Nach ASTRUC (1) soll das z. B. der Fall
30 sein bei allen aus faulen Trauben oder von kranken Reben gewonnenen Traubensäften, insbesondere aber bei Mosten von peronosporakranken Stöcken. Derartige Säfte vergären nach den Angaben von ASTRUC (1) schneller und vollständiger, wenn sie mit 0.1—0.3 Promille Mono- oder Diammoniumphosphat oder mit der gleichen Menge einer Mischung von
35 85 Proz. Ammoniumtartrat und 15 Proz. Diammoniumphosphat versetzt werden. KAYSER (3) hält es mit MARTINAND (1) für erwiesen, daß eine bemerkenswerte Beschleunigung der Gärung nach Zugabe von etwa 0.1 Promille Monoammoniumphosphat bei allen französischen Traubenmaischen und Mosten eintrete; er empfiehlt dieses Mittel namentlich
40 dann anzuwenden, wenn die Gärung bei übermäßig hoher oder sehr niedriger Temperatur zu langsam verläuft oder vorzeitig zum Stillstand kommt. Nach LANGLADE (1) soll der Gebrauch von Ammoniumphosphat auch am Platze sein bei der Vergärung sehr zuckerreicher Moste und von Traubenmaischen, die zu stark mit schwefliger Säure oder Sulfiten
45 behandelt worden sind. Auf Grund dieser und ähnlich lautender, wenig zuverlässiger Angaben hat die Verwendung von Ammoniumphosphat bei der Herstellung französischer Weine in neuerer Zeit größere Verbreitung erlangt, wozu allerdings wohl noch beigetragen hat, daß im Laufe der letzten Jahre in Frankreich auch die im vorigen Kapitel bereits be-
50 sprochene Phosphatage sehr in Aufnahme gekommen ist. Wie aber dieses Verfahren keineswegs allgemein als vorteilhaft angesehen und z. B. in neuerer Zeit wieder von MENSIO (1) wenig günstig beurteilt wird, so kann auch nicht gesagt werden, daß der Nutzen der Phosphatzusätze

für die Weingärung wirklich feststeht. Kulisch (1) hat bei sorgfältigen Versuchen eine günstige, praktisch wesentliche Wirkung solcher Zusätze auf die Vergärung von deutschen Traubenmosten und gezuckerten Traubenweinen jedenfalls nicht feststellen können. Auch bei Johannisbeer- und Stachelbeer-Säften tritt nach diesen Beobachtungen eine erhebliche Förderung der Gärung durch die Zufuhr von phosphorsaurem Ammoniak nicht ein, wenn die Säfte nicht weiter verdünnt werden, als ihr Säuregehalt erfordert. Die Erfolge, die Windisch (4) bei der Vergärung stark verdünnter roter Johannisbeer-Säfte mit Zusätzen von phosphorsaurem Ammoniak erzielt hat, bedeuten für die Praxis nicht viel, weil sie sich auf Versuchsflüssigkeiten beziehen, die so stark gestreckt waren, daß sie nur noch etwa ein Fünftel bis ein Sechstel des im natürlichen Saft vorhandenen Mineralstoff-Gehaltes aufwiesen, also eine Verdünnung zeigten, die eine normale Gärung ausschließt. Bei der Vergärung von Heidelbeer-Säften leistet phosphorsaures Ammoniak nach den Beobachtungen von Kulisch (1) und Windisch (4) nicht mehr als Ammoniumchlorid, dagegen scheint ein Zusatz von Phosphaten, wie auf S. 87 des Vierten und S. 414 des vorliegenden Bandes bereits erwähnt ist, bei der Herstellung von Met aus dem an phosphorsauren Salzen sehr armen Honig wirklich von Wert zu sein. Gimel (1) hat neuerdings auch empfohlen, an Stelle des phosphorsauren Ammoniaks Salze der Glycerinphosphorsäure zur Förderung der Weingärung zu benutzen, doch liegen über die Wirkung derartiger Verbindungen auf die Tätigkeit der Weinhefen zuverlässige Beobachtungen nicht vor.

Den Einfluß der in den Trauben- und Obstmosten enthaltenen Gerbstoffe auf die Hefen hat Rosenstiehl (1 u. 2) näher untersucht. Nach seinen Angaben absorbieren die Hefen beträchtliche Mengen von Gerbstoff, was zur Folge hat, daß ihre Gärtätigkeit stark behindert, ja unter Umständen sogar völlig unterdrückt wird. Die Vermehrungsfähigkeit der Hefe bleibt dagegen auch in Berührung mit Gerbstoff erhalten. Bei der Herstellung von Cider und, wie Müller-Thurgau (7) bemerkt hat, auch bei der Vergärung von herben, aus halbreifen Früchten hergestellten Birnmosten macht sich diese Beeinträchtigung der Hefen durch die Gerbstoffe häufig sehr störend bemerkbar. Allerdings wirken die Gerbstoffe in diesem Falle nach Müller-Thurgau (7) auch wohl insofern nachteilig, als sie die Eiweißverbindungen der Moste zur Fällung bringen und den Hefen entziehen.

Die den Gerbstoffen nahestehenden roten Farbstoffe der Trauben und einiger anderer Beerenfrüchte erschweren die Gärtätigkeit der Hefen in gleicher Weise, wie Rosenstiehl (1) und vor ihm Carlès und Nivière (1) festgestellt haben. Wenn sich die Gärung der roten, an Gerb- und Farbstoff reichen Moste in der Praxis trotzdem glatt vollzieht, so beruht das nach Rosenstiehl (1) auf der Tatsache, daß die Vermehrungsfähigkeit der Hefen bei Anwesenheit dieser Körper eine ernstliche Einbuße nicht erleidet. An Stelle der arbeitsunfähigen, mit Gerb- und Farbstoff beladenen älteren Zellen treten immer neue, junge, gärtüchtige Generationen. Allerdings darf dabei nicht vergessen werden, daß die Empfindlichkeit gegen die Farb- und Gerbstoffe der Moste bei den einzelnen Hefenrassen sehr verschieden ist; Müller-Thurgau hat diese Tatsache bei seinen auf S. 396 erwähnten Versuchen zur Gewinnung von Rotwein- und Obstweinhefen zuerst nachgewiesen.

Wird Gerbstoff roten Traubenmaischen in Form von Tannin künstlich zugesetzt, so kommt es, wie Coudon und Pacottet (1) be-

obachtet haben, nur zu einer unbedeutenden Verzögerung im Eintritt der stürmischen Gärung; die Hefe lagert sich bei dieser Behandlung aber in festerem Trub ab, der Wein klärt sich besser, erhält eine weit lebhaftere, beständigere Farbe und zeigt gegenüber Weinen, die ohne Zusatz von Tannin vergoren werden, nur eine verhältnismäßig geringe Steigerung des Gerbstoffgehaltes. Man darf aus dieser Beobachtung aber wohl nicht schließen, wie das Rosenstiehl (1) zu tun scheint, daß der zugesetzte Gerbstoff auch hier vorzugsweise von den Hefen absorbiert wird. Wahrscheinlicher ist, daß das Tannin mit den Eiweißbestandteilen der Maischen unlösliche Verbindungen eingeht.

Der **Einfluß** des **Alkohols** auf die Tätigkeit der Hefen ist im § 28 des Vierten Bandes bereits besprochen. Nachgetragen sei, daß sich die Vermehrung der Hefenzellen bei der Weingärung nach Wortmann (3) schon deutlich behindert zeigt, wenn im gärenden Moste 1 Maß-Proz. Alkohol entstanden ist, daß sie dagegen erst völlig unterdrückt wird, wenn 6—8 Maß-Proz. Alkohol gebildet worden sind. Daß noch ein höherer Prozentsatz an Alkohol zu wählen ist, wenn es sich darum handelt, im Moste vorhandene lebenskräftige Hefenzellen durch Alkoholzusatz an der Entwicklung zu hindern, ist auf S. 130 des Vierten Bandes unter Hinweis auf die Untersuchungen von Hayduck (1), E. Laurent (1) und Müller-Thurgau (8) ebenfalls schon erwähnt. Für die Praxis haben diese Tatsachen Bedeutung wegen der in Frankreich, Spanien und in anderen südlichen Ländern üblichen Herstellung der sogen. Mistellen, d. h. von weinartigen Getränken, die ohne Gärung durch Versetzen von Mosten oder roten Maischen mit hochgradigem Alkohol gewonnen werden und als Süßweine in den Handel kommen. Blarez (1), Halphen (1), sowie Gautier und Halphen (1) haben über die Merkmale, durch die sich „Weine“ dieser Art von den durch Gärung gewonnenen Süßweinen unterscheiden, Untersuchungen angestellt, während Sémichon (1) ihre Herstellungsweise beschreibt. Wie er angibt, werden die Mistellen gewöhnlich auf einen Alkoholgehalt von 15 Maßprozent gebracht, können aber selbst bei dieser Alkoholmenge zuweilen noch in Gärung geraten. Es ist also nicht ausgeschlossen, daß unter diesen Verhältnissen noch bei Gegenwart von 15 Maßprozent Alkohol eine Vermehrung von Hefenzellen eintritt, wenn auch die Annahme nahe liegt, daß es sich bei diesen Gärungen um die Arbeit von Hefen handelt, die sich vor dem Alkoholzusatz in den Maischen oder Mosten bilden und dann durch den zugesetzten Alkohol wohl im Wachstum gestört werden, nicht aber die Fähigkeit zur Gärung verlieren. Daß zur Behinderung oder Aufhebung der Gärtätigkeit der Hefen größere Alkoholmengen notwendig sind als zur Hemmung oder Unterdrückung ihrer Vermehrung, ist im § 28 des Vierten Bandes bereits erwähnt worden; man vergleiche mit dessen Inhalt auch die Ausführungen über die Einwirkung des Alkohols auf die zellfreie Gärung auf S. 359 desselben Bandes. Bei der Weingärung soll in Fällen, die für die Hefe besonders günstig liegen, erst ein Alkoholgehalt von 17—18 Maßprozenten der Gärtätigkeit der Hefen völlig Einhalt gebieten. Müller-Thurgau (9) hat aus einem bei 9° C vergorenen Most in der Tat einen Wein von 17,3 Maßprozenten Alkohol herstellen können. Naturweine besitzen aber auch dann, wenn der gebotene Zucker noch eine weitere Steigerung der Alkoholbildung erlaubt haben würde, gewöhnlich nicht mehr als höchstens 15 Maßprozent Alkohol. Die Angabe von Passerini (1), wonach der in Toskana aus welken Trauben hergestellte sogen. Vinsanto infolge einer jahrelang andauernden stillen

Gärung oft bis 20 und mehr Maßprozente Alkohol enthalten soll, bedarf noch der Bestätigung. R. VON DER HEIDE (1) hat bei der Vergärung von Mosten verschiedenen Zuckergehaltes mit einer sehr gärkräftigen Weinhefe beobachtet, daß die Gärung zum Stillstand kam

in einem Most von:	nach Entstehung von:
26,86 Proz. Zucker	11,53 Gew.-Proz. = 14,53 Maß-Proz. Alkohol
33,21 „ „	10,29 „ „ = 12,97 „ „ „
37,88 „ „	9,27 „ „ = 11,68 „ „ „
45,89 „ „	7,56 „ „ = 9,52 „ „ „

Diese Ergebnisse bestätigen die älteren Befunde von MÜLLER-THURGAU (1), wonach der Alkohol die Zelltätigkeit der Hefen unter sonst gleichen Verhältnissen um so stärker beeinträchtigt, je mehr sich der Zuckergehalt der Moste erhöht. Auch diese Erscheinung ist ebenso wie die weitere Feststellung von MÜLLER-THURGAU (1), daß die Giftwirkung des Alkohols auf die Hefe mit steigender Temperatur an Stärke zunimmt, im § 28 des Vierten Bandes bereits eingehend behandelt. Hingewiesen sei ferner auf die im gleichen Paragraphen wiedergegebenen Untersuchungen von MÜLLER-THURGAU (1) über die Umbildung von Hefenzellen in Ruheformen, wie sie unter dem Einfluß des Alkohols bei der Weingärung entstehen.

Die **Kohlensäure** beeinträchtigt unter gewissen Bedingungen die Vermehrung und vielleicht auch die Gärtätigkeit der Hefenzellen, wie auf S. 459 u. 537 des Ersten und auf S. 134 des Vierten Bandes schon näher erörtert worden ist. BÖHI (1) gibt an, daß in Mosten, die mehrere Monate unter stärkerem Kohlensäure-Druck gehalten werden, nach und nach sämtliche Gärungserreger absterben. Unter gewöhnlichen Bedingungen ist die Empfindlichkeit der Hefen gegen Kohlensäure aber nicht sehr groß. Bei der Hauptgärung von Mosten kann von einem nachteiligen Einfluß der Gärungskohlensäure überhaupt kaum die Rede sein. Wenn auch die älteren Beobachtungen von MORITZ (1 u. 2) diese Tatsache noch nicht klar hervortreten lassen, so ist sie doch durch die Untersuchungen von MÜLLER-THURGAU (5) erwiesen, bei denen sich ergeben hat, daß die Kohlensäure keinen merklichen Einfluß auf den Verlauf der Hauptgärung hat, selbst wenn sie mit 0,5—1 Atmosphäre Ueberdruck in dem gärenden Moste zurückgehalten wird. Sie hemmt nach diesen Feststellungen selbst die anfängliche Hefenbildung im Most nicht in wesentlichem Grade und vermindert infolgedessen auch die Gesamtleistung der Gärung nur um ein geringes Maß. Nach den auf S. 135 des Vierten Bandes mitgeteilten Tatsachen sollte man allerdings annehmen, daß durch Absaugen der gebildeten Gärungskohlensäure auch die Gärung der Moste beschleunigt werden könnte; jedoch hat diese Möglichkeit für die Weinbereitung wenig Bedeutung, weil eine allzu stürmische Kohlensäureabgabe bei der Mostgärung zu einem bedenklichen Verlust an Bouquetstoffen führt. Mittelbar wirkt die Kohlensäure unstreitig günstig auf den Erfolg der Weingärung ein, weil sie die Vermehrung von Kahmpilzen, Schimmelpilzen, Essigbakterien und anderen sauerstoffbedürftigen, gegen Kohlensäure empfindlichen Gärungsschädlingen verhindert. In der Erkenntnis dieser Tatsache bevorzugt man bei der Weinbereitung heute das Verfahren der geschlossenen Gärung, bei der die gärenden Moste ständig unter einer Kohlensäuredecke gehalten werden. Es ist das leicht zu erreichen, wenn man die Gärfässer nur etwa zu neun Zehntel füllt und mit einem Gärtrichter verschließt, der nach Art eines Gasventils arbeitet. Er läßt die Kohlensäure aus-

strömen, verhindert aber den Luftzutritt zum Gärstoff. Infolgedessen bleibt der sogen. Steigraum des Fasses dauernd mit Kohlensäure gefüllt. Näheres über die Einrichtung der Gärverschlüsse findet man in den Lehrbüchern von NESSLER (1) und BABO und MACH (1). Man ver-
5 gleiche auch § 95 des vorliegenden Bandes.

§ 103. Die Beeinflussung der Weingärung durch die Temperatur.

Die Beziehungen der Weingärung zur Temperatur sind zuerst von BLANKENHORN (1 u. 2), DAHLEN (1), sowie BLANKENHORN und MORITZ (1) etwas genauer verfolgt worden, wobei man im wesentlichen allerdings
10 nur zu der Feststellung gekommen ist, daß sich die Gärung unter den in Deutschland gegebenen Verhältnissen durch gelindes Erwärmen der Moste beschleunigen läßt, ohne daß die Güte der entstehenden Weine dadurch benachteiligt wird. Umfassender hat die Frage nach der Einwirkung der Temperatur auf die Weingärung erst MÜLLER-THURGAU
15 (1, 3, 9, 10) beantwortet. Nach seinen Untersuchungen, die sich zwar nicht auf Reingärungen beziehen, aber trotzdem für die Praxis von großem Werte gewesen sind, liegt das Temperaturminimum der Mostgärung bei etwa 6°, das Maximum bei etwa 40° C. Uebereinstimmend damit haben auch ROOS (1), ROUSSEAUX (1) und ROOS und CHABERT (1)
20 ermittelt, daß zwischen 38° und 42° C die Vergärungsmöglichkeit der Moste aufhört, auch steht mit den Angaben von MÜLLER-THURGAU die schon auf S. 116 des Vierten Bandes erwähnte Feststellung von HANSEN (1) im Einklang, wonach die von WORTMANN reingezüchtete Weinhefe *Johannisberg II* oberhalb 37—38° C nicht mehr zu sprossen
25 imstande ist. Für das Temperaturminimum der Weingärung nehmen einzelne französische Forscher allerdings höhere Wärmegrade an. ROUSSEAUX (1) behauptet z. B., daß die untere Temperaturgrenze der Mostgärung in der Nähe von 12—15° C liege, wozu aber bemerkt werden muß, daß diese wie einige ähnliche Angaben, die weniger auf genauen
30 Untersuchungen als auf gelegentlichen Beobachtungen in praktischen Betrieben beruhen, nicht sehr zuverlässig sind. Sie können auch schon deswegen nicht vergleichbar sein, weil sie sich stets auf Zufallsgärungen beziehen, bei denen sehr verschiedene Gärungserreger und auch verschiedene Rassen von Weinhefen mitwirken. Daß bei diesen letzteren
35 die Empfindlichkeit gegen Temperatureinflüsse ebenfalls wechselt, haben die auf S. 396 bereits angeführten Untersuchungen von KAYSER (1, 4, 5) und FORTI (1) gelehrt. KAYSER (5) hat in einem Falle geprüft, wie sich das Gärvermögen von Weinhefen verschiedenen Ursprungs bei 25° und 35° C gestaltet, wenn die Hefen in einem Most arbeiten, der in 100 ccm
40 18,08 g Zucker und 0,6 g Säure enthält. Er hat dabei feststellen können, daß die untersuchten Weinhefen bei 25° C sich annähernd gleich verhalten, daß aber bei 35° C im Gärvermögen sehr erhebliche Unterschiede sich zeigen, und zwar sind bei dieser Temperatur die Hefen südlicher Weinbaugebiete leistungsfähiger als die Hefen nördlicher Gegenden.
45 Je nachdem Hefen der einen oder der anderen Art bei der Mostgärung vorherrschen, werden sich also auch die Temperaturgrenzen der Gärung etwas verschieben müssen, eine Erscheinung, auf die noch zurückzukommen sein wird.

Innerhalb der Temperaturgrenzen, zwischen denen die Mostgärung
50 überhaupt möglich ist, macht sich die Abhängigkeit des Gärverlaufs

von der Wärme in der Schnelligkeit geltend, mit der sich die stürmische Gärung einstellt, in der Größe der Kohlensäure-Abgabe zur Zeit der stärksten Gärung und in der Dauer der gesamten Hauptgärung. Je höher die Gärtemperatur gewählt wird, desto früher wird auch der Höhepunkt der Gärung erreicht. So hat MÜLLER-THURGAU (1) beobachtet, daß sich die stärkste Gärung der Moste bei 9° C durchschnittlich erst am fünften Tage einstellt, in einzelnen Fällen aber noch weiter verzögert und bis zum zehnten Tage hinausschiebt. Bei 18° C tritt sie gewöhnlich am dritten Tage ein; dagegen zeigt sie sich bei 27° C ebenso wie bei 36° C regelmäßig schon am zweiten Tage und zwar bei 36° C gewöhnlich etwas früher als bei 27° C.

Mit zunehmender Temperatur erhöht sich auch die Kohlensäure-Abgabe zur Zeit der stärksten Gärung, jedoch ist der Höchstwert dieser Steigerung in der Regel schon bei 27—30° C erreicht. Höhere Wärmegrade können die Gärungsenergie bei besseren Mosten noch ein wenig anwachsen lassen, drücken sie aber bei Mosten gewöhnlicher Zusammensetzung in der Regel wieder herab. Die Unterschiede, die in dieser Beziehung auftreten, gehen aus den von MÜLLER-THURGAU (9) ermittelten Zahlen hervor.

Die Gärungsintensität, die nach der stürmischen Gärung unter dem Einfluß des entstandenen Alkohols stets wieder abnimmt, sinkt um so rascher, je höher die Gärtemperatur ist. Wichtig ist ferner, daß die Hauptgärung um so schneller zum Abschluß kommt, je höher der Wärmegrad ist, bei welchem sie verläuft. MÜLLER-THURGAU (1) fand in einem Versuch, daß die Hauptgärung eines Mostes von 21,75 Proz. Zucker-Gehalt bei 36° C schon nach 17,5 Tagen beendet war, während sie bei 27° C volle 24 Tage, bei 18° C sogar 46 Tage und bei 9° C etwa 100 Tage dauerte.

Für die Praxis sehr wesentlich ist der Einfluß der Gärtemperatur auf die Beschaffenheit des entstehenden Weines. In dieser Beziehung ist besonders von Bedeutung, daß der Vergärungsgrad der Weine von der Gärtemperatur abhängig ist, was zuerst von BLANKENHORN und MORITZ (1) beobachtet und dann durch MÜLLER-THURGAU (1 u. 9) genauer verfolgt worden ist. Wie seine Untersuchungen erkennen lassen, erhöht sich der Vergärungsgrad in dem Maße, als die Gärtemperatur fällt. In einem Versuch, bei dem ein Most von 30 Proz. Zucker bei verschiedenen Temperaturen vergoren wurde, betrug der Alkoholgehalt der erzielten Weine: bei 9° C 14,05 Gew.-Proz., bei 18° C 12,22 Gew.-Proz., bei 27° C 9,88 Gew.-Proz., bei 36° C 7,21 Gew.-Prozent. Aehnliche, durch Einwirkungen der Gärtemperatur bedingte Abstufungen im Alkoholgehalt von Weinen sind auch von anderer Seite festgestellt worden, u. a. von MÜNTZ (1), sowie von ROOS und CHABERT (1), auch geht aus Untersuchungen von KAYSER (5) und den in § 95 geschilderten praktischen Erfahrungen in südländischen Kellereien sowie aus einer älteren Beobachtung von KERNTLER (1) hervor, daß die Angaben von MÜLLER-THURGAU zutreffend sind. Der niedrige Alkoholgehalt der bei hoher Temperatur vergorenen Weine ist nach MÜLLER-THURGAU (1) im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß die Hefen bei höheren Wärmegraden so stark von dem entstandenen Alkohol benachteiligt werden, daß sie in einen Ruhezustand übergehen und die Fähigkeit zu gären einbüßen. Man vergleiche damit die Ausführungen auf S. 132 des Vierten Bandes. Die Angaben von ROOS (1 u. 2), wonach die im Most arbeitenden Hefen bei einer Temperatur von 36—40° C noch andere

Stoffe ausscheiden, die auf die Hefen so giftig einwirken, daß sie deren Lebenstätigkeit aufheben, ist nicht genügend begründet.

Infolge der vorzeitigen Gärungshemmung enthalten alle zu warm vergorenen Weine größere oder geringere Mengen von Zucker, die bei 5 kälterer Gärung nicht unzersetzt in den Weinen zurückgeblieben wären. Besonders sind solche Zuckerreste natürlich dann zu erwarten, wenn die Temperatur bei der Gärung auf 30—36° C oder noch höher gestiegen ist: sie können sich aber auch zeigen, wenn die Gärung bei etwas tieferen Temperaturen verlaufen ist, wenigstens in allen den Fällen, in denen zu 10 hohe Wärme nicht nur vorübergehend, sondern dauernd auf die gärenden Hefen eingewirkt hat. Wie Müller-Thurgau (10) bemerkt hat, genügt unter solchen Verhältnissen schon eine Erhöhung der Gärtemperatur auf 25° C, um bei manchen Mosten unvollständige Vergärung herbeizuführen.

15 Allerdings macht sich dieser Einfluß der Wärme nicht immer in gleicher Stärke geltend, sondern er wechselt je nach der chemischen Zusammensetzung, besonders nach dem Stickstoffgehalt der Moste. Nach Müller-Thurgau (4) leiden die Hefen in stickstoffreichen Traubensäften weniger unter den Folgen erhöhter Gärtemperaturen als in stick-20 stoffarmen Mosten, und daher erlangen bei gleicher höherer Temperatur stickstoffreiche Moste auch einen höheren Vergärungsgrad als stickstoffarme. Abstände im Zuckergehalt der Moste können ähnliche Unterschiede bedingen, freilich nur dann, wenn die Abweichungen nicht zu klein sind. So entsteht in Mosten, die über 30 Proz. Zucker enthalten, 25 bei gleicher höherer Temperatur weniger Alkohol als in Mosten von etwa 25—27 Proz. Zucker, was unter anderem aus einer Arbeit von R. von der Heide (1) ersichtlich ist.

Der Einfluß der Temperatur erstreckt sich auch auf die Glycerin-Bildung der Hefen, eine Erscheinung, die deswegen ihre Bedeutung 30 hat, weil Weine mit höherem Gehalt an Glycerin vollmundiger und wertvoller sind als Weine von geringem Glyceringehalt. Nach den Beobachtungen von Müller-Thurgau (10) entsteht bei mittleren Temperaturen, die den Hefen die besten Lebensbedingungen bieten, gewöhnlich mehr Glycerin als bei sehr hohen und sehr niedrigen Wärmegraden, unter 35 deren Einwirkungen die Entwicklung und Arbeit der Hefen schon etwas gehemmt werden. Müller-Thurgau (10) erklärt diese Erscheinung mit dem Hinweis, daß die Hefen stets um so mehr Glycerin abscheiden, je mehr sie in ihren Lebensäußerungen begünstigt sind. Bei der Weingärung sind diese Bedingungen nach seinen Erfahrungen verwirklicht 40 und ist demnach die Glycerinbildung am ergiebigsten, wenn die Gärung bei 15—25° C verläuft; innerhalb dieser Temperaturgrenzen sind gesetzmäßige Schwankungen in der Entstehung von Glycerin nicht nachzuweisen, wozu freilich bemerkt werden muß, daß bei der Unzulänglichkeit der Glycerinbestimmungen genaue Feststellungen in dieser Beziehung 45 überhaupt nicht möglich sind.

Inwieweit die Gärtemperatur auf den Gehalt der Weine an Bouquetstoffen (s. Bd. IV, S. 394) einwirkt, ist noch nicht sicher entschieden. Im allgemeinen neigt man in der Praxis der Annahme zu, daß tiefere Gärtemperaturen der Entwicklung des Weinbouquets mehr zustatten 50 kommen als höhere, was sich wohl aus der Beobachtung erklärt, daß unter der Einwirkung höherer Wärmegrade, wenn die Gärung sehr stürmisch vor sich geht, mit der austretenden Kohlensäure auch verhältnismäßig viel Bouquetstoffe entweichen. Bei kleineren Mosten, die

wenig Traubenbouquet enthalten, könnte ein derartiger Verlust an Bouquetstoffen den Wert des Weines wohl etwas herabsetzen, bei der Vergärung wertvollerer Moste dürfte er aber nur dann von Nachteil sein, wenn es sich um sehr flüchtige Bouquets besonderer Traubensorten, wie z. B. des Muskatellers, handelt. ROSENSTIEHL (3) und MATHIEU (1) 5 glauben allerdings nachgewiesen zu haben, daß auch bei Rotweinen tiefere Gärtemperaturen das Bouquet verbessern. Bei den feineren Rheingauer Riesling-Mosten wirken Gärtemperaturen von 20—25° C noch in keiner Weise ungünstig auf die Blume ein, was MÜLLER-THURGAU (10) bei Versuchen im großen zuerst festgestellt hat. 10

Aehnlich wie die Bouquetstoffe wird sich voraussichtlich auch der Alkohol mit steigender Gärtemperatur in zunehmender Menge verflüchtigen, entsprechend der mit der Erhöhung der Temperatur anwachsenden Stärke der Kohlensäure-Entwicklung.

Von größter Bedeutung für die Praxis ist die Frage, welche 15 Temperatur sich für die Weingärung am besten eignet. Nach den Erfahrungen von MÜLLER-THURGAU (10) kommen dabei Wärmegrade, die 25° C übersteigen, überhaupt nicht in Betracht, weil sie die Gärung anfangs zu stark beschleunigen und dann vorzeitig unterdrücken. Die Folge davon sind nicht nur Verluste an Alkohol und Bouquetstoffen, 20 sondern auch unvollkommen vergorene Weine, die stets zu Nachgärungen und Weinkrankheiten neigen. Steigt die Temperatur der gärenden Moste über 30° C, dann stellen sich Bakterienkrankheiten meist schon vor Abschluß der Hauptgärung ein, und zwar gilt dies besonders vom Essigstich, vom Milchsäurestich und von der Mannitgärung. In südlichen 25 Ländern, wo die Moste sich leicht über 35° C erwärmen, sind infolgedessen gerade diese Weinkrankheiten überaus häufig, wie auf S. 389 des vorliegenden Bandes bereits erwähnt ist. Naturgemäß ist es nicht gleichgültig, ob sich die Gärtemperatur dauernd oder nur zeitweilig über 25° C erhöht. Eine vorübergehende Erwärmung der Maischen oder Moste auf 30 25—30° C ist nach MÜLLER-THURGAU (10) im Anfang nicht weiter schädlich und nur nach der stürmischen Gärung wirklich bedenklich. Bei dauernder Einwirkung machen sich die Nachteile der Temperatursteigerung dagegen stärker bemerkbar. In diesem Falle genügt nach MÜLLER-THURGAU (10) oft schon eine Erhöhung der Gärtemperatur auf 25° C, um eine völlige 35 Durchgärung der Moste zu verhindern.

Bei der Weingärung nicht angebracht sind auch Temperaturen, die unter 15° C liegen, wenigstens in allen denjenigen Fällen, in denen Reinhefen nicht zur Anwendung kommen. Wie schon lange bekannt und neben anderen besonders von BLANKENHORN (1 u. 2), MÜLLER-THURGAU (1) 40 und ROUSSEAUX (2) genauer verfolgt worden ist, kommt die Gärung bei diesen Wärmegraden zu langsam in Gang und nimmt dabei einen so schleppenden Verlauf, daß sich gewöhnlich Nebengärungen einstellen. Man vergleiche damit das auf S. 388 Gesagte.

Am günstigsten für die Weingärung sind nach MÜLLER-THURGAU (1) 45 Gärtemperaturen von 15—25° C. Einen bestimmten, innerhalb dieses Temperaturabstandes liegenden Wärmegrad während der ganzen Dauer der Gärung einzuhalten, ist in der großen Praxis unmöglich, weil die Moste ganz verschiedene Zusammensetzung zeigen, zu verschiedenen Zeiten und mit verschiedener Anfangstemperatur in den Gärkeller ge- 50 langen und infolgedessen auch in der Stärke und Dauer der Selbsterwärmung solche Abweichungen zeigen, daß eine Ausgleichung der Unterschiede durch Wärmezufuhr oder Kühlung so gut wie aussichtslos

ist. Nach Müller-Thurgau (10) ist es aber auch nicht einmal wünschenswert, die Gärung bei gleichbleibender Temperatur durchzuführen, da nach seinen Erfahrungen die besten Erfolge erzielt werden, wenn die Moste sich zur Zeit der stürmischen Gärung bis auf 25° C erwärmen, 5 dann aber nach und nach bis auf 15° C abkühlen.

Wie bereits Müller-Thurgau (10) betont hat, ist es zweckmäßig, innerhalb dieser Temperaturgrenzen kleine Verschiebungen nach unten oder nach oben eintreten zu lassen, je nachdem die Beschaffenheit der Moste die Gärung begünstigt oder nicht. So werden zuckerreiche Moste 10 aus edlen Trauben und guten Jahrgängen nach Müller-Thurgau (10) besser bei etwas höheren Temperaturen vergoren als Traubensäfte aus weniger guten Trauben und weichen Sorten, weil Moste dieser letzteren Art in der Regel an sich stürmischer gären als solche der ersteren. Noch schärfer hat Wortmann (1) diese Tatsache betont. Nach seinen Er- 15 fahrungen ist es am vorteilhaftesten, Moste mit einem Zuckergehalt von 20—25 Proz. auf eine Anfangstemperatur von 12—15° C, solche von geringerem Zuckergehalt auf eine Anfangstemperatur von 10—12° C einzustellen, wobei jedoch vorausgesetzt wird, daß die Moste nach dem auf S. 403 beschriebenen Verfahren von Wortmann unter Zusatz von 20 Reinhefe vergoren werden und dabei durch Selbsterwärmung eine Temperatur-Erhöhung von 10—11° C erfahren.

Während Wortmann (1) also nahezu dieselben Gärtemperaturen empfiehlt wie Müller-Thurgau (10), halten französische Forscher vielfach höhere Wärmegrade für besser angebracht. So glaubt Bouffard (1) auf 25 Grund seiner Beobachtungen, daß das Temperatur-Optimum der Weingärung bei 25° C liegt. Die Wärmegrenzen, die ohne Schädigung für den Verlauf und Erfolg der Gärung nicht überschritten werden dürfen, bestimmt er zu 20 und 32° C. Rougier (1) hält Gärtemperaturen von 25—30° C für die besten, während Roos (1, 2, 3) sowie Roos und Chabert (1) 30 es für noch günstiger ansehen, wenn die Gärung wenigstens in den ersten Tagen bei 30° C verläuft. Allerdings beziehen sich diese Angaben auf die Rotweinbereitung unter Verhältnissen, wie sie im Süden Frankreichs gegeben sind, wobei angenommen wird, daß in diesem Gebiet und in Ländern von ähnlichen klimatischen Bedingungen bei der Weingärung 35 vorzugsweise Hefen tätig sind, deren Temperatur-Optimum erheblich höher liegt als bei den Hefenrassen nördlicher Gegenden. Die auf S. 434 erwähnten Untersuchungen von Kayser (5) stützen diese Auffassung bis zu einem gewissen Grade. Nicht unerwähnt sei, daß bei der Rotweinbereitung in offenen Gärbütten eine höhere Temperatur im Anfang der 40 Gärung möglicherweise auch deswegen zweckmäßig ist, weil dabei schnell größere Mengen von Alkohol entstehen, die der Vermehrung schädlicher Weinbakterien entgegenwirken. Auch kommt hinzu, daß nach den Beobachtungen von Roos und Chabert (1) bei etwas wärmerer Vergärung die Farbe der Rotweine lebhafter ausfällt, und daß Rotweine gegen eine 45 Temperatursteigerung an sich wohl weniger empfindlich sind als Weißweine. In neuerer Zeit mehren sich allerdings auch in Frankreich die Stimmen für die Zweckmäßigkeit tieferer Gärtemperaturen. So empfiehlt Pacottet (1), Weißweinmoste bei 16—18° C, Rotweinmaischen bei 18 bis 20° C zu vergären, und auch Rosenstiehl (3) wie Mathieu (1) glauben 50 auf Grund ihrer Beobachtungen über die Bouquetbildung, daß es vorteilhaft sei, die Temperatur bei der Weingärung unter 20° C zu halten.

Für die Entscheidung der Frage, welche Gärtemperatur im Kellereibetrieb eingehalten werden muß, ist natürlich sehr wesentlich, ob die

Weine unter Zusatz von Hefe vergoren werden oder nicht. Im allgemeinen kann man annehmen, daß bei Zugabe reichlicher Mengen von Hefen zum Most tiefere Gärtemperaturen zulässig sind als ohne Hefenzusatz. Wie VILLON (1) gezeigt hat, kann man es durch geeignete Auswahl und zweckentsprechende Anwendung von Hefen sogar erreichen, Rotweinmaischen bei 4° C zu vergären. In ähnlicher Weise, d. h. durch Verwendung von Hefen, die an größere Wärme angepaßt sind, wird man auch den Nachteilen höherer Gärtemperaturen entgegenwirken können, wenn auch nach dieser Richtung die Grenzen enger gezogen sind als nach der Seite der tieferen Wärmegrade.

Die technischen Einrichtungen zur Erzielung geeigneter Gärtemperaturen sind im § 95 des vorliegenden Bandes bereits beschrieben. Nachgetragen sei an dieser Stelle nur noch, daß bei der Temperaturregelung auf die Selbsterwärmung des Gärgutes Rücksicht zu nehmen ist. Ueber die Temperatursteigerungen, mit welchen dabei zu rechnen ist, hat MÜLLER-THURGAU (22) Ermittlungen angestellt. Er beobachtete in einem Falle, daß bei einer gleichbleibenden Kellerwärme von 12,5° C die Temperatur von sechs untersuchten Johannisberger Mosten während der Gärung im Mittel von 10,2° auf 21,8° C stieg. MÜNTZ und ROUSSEAUX (1) sowie ROUSSEAUX (2) haben Beobachtungen über die Selbsterwärmung gärender Rotweinmaischen veröffentlicht, allerdings ohne nähere Angaben über die Temperatur der Gärräume und andere wichtige Begleitumstände der Gärung. Die durch sie ermittelten Werte lassen erkennen, daß Abstände im Zuckergehalt der Moste entsprechend den Verschiedenheiten in der Gärung Aenderungen in der Art der Selbsterwärmung verursachen, die bei der Garführung sorgfältig beachtet werden müssen. Nicht minder ist für den Kellereibetrieb die Tatsache wichtig, daß die Gärungswärme in größeren Fässern zu höheren Temperatursteigerungen führt als in kleineren Behältern, die eine größere Oberfläche besitzen und infolgedessen auch mehr Wärme abgeben als größere Gebinde. Daß es sich dabei um ganz beträchtliche Schwankungen handelt, haben die Beobachtungen von MÜLLER-THURGAU (10) gelehrt, bei denen sich in einem Falle herausstellte, daß die stärkste Erwärmung über die Kellertemperatur von 13° C

in Halbstückfässern	(6 hl)	bei verschiedenen Mosten	6—9° C
in Stückfässern	(12 hl)	„ „ „	7—12° C
in 4-Stückfässern	(48 hl)	„ „ „	17° C
in 6-Stückfässern	(72 hl)	bei einem Most	20° C

betrug. MÜLLER-THURGAU (10) empfiehlt deshalb, die Moste in Fässern von gleichem und nicht zu großem Rauminhalt zu vergären. Wenn die Gärbehälter, wie vielfach in Deutschland, nur 6—12 hl fassen, kann man mit WORTMANN (1) annehmen, daß die Selbsterwärmung zu einer durchschnittlichen Temperatursteigerung von 10—11° C führen wird. In diesem Falle genügt in der Regel schon eine Erwärmung der Kelterhäuser und Gärkeller auf 15° C, um die Moste und Maischen auf die für die Gärung günstigste Temperatur von 20—25° C einzustellen. Nur bei Verarbeitung von Mosten, die kälter sind als 10° C, müssen die Gärräume anfangs etwas stärker geheizt oder die Moste selbst angewärmt werden. Meist ist es aber auch unter diesen Verhältnissen ausreichend, wenn die Keller zu Beginn der Gärung auf eine Temperatur von 16 bis 19° C gebracht werden. In südlichen Ländern, wo die Anfangstemperatur der Moste fast immer 20° C übersteigt und die Gärräume gewöhnlich

zu warm liegen, läßt sich die Gärtemperatur, wie im § 95 schon ausführlich beschrieben ist, natürlich nur mit Hilfe von Kühlvorrichtungen in den erforderlichen Grenzen halten.

§ 104. Der Einfluß der Luftzufuhr und des Lichtes auf die 5 Weingärung.

Die Zufuhr der Luft hat für die Weingärung nicht die Bedeutung, die man ihr nach den älteren Versuchen von BLANKENHORN und RÖSLER (1), BLANKENHORN (3), MORITZ (1), MOLNÀR (1), NEUBAUER (2), DAHLEN (1), MACH (1), ROTONDI (1) und anderen beigemessen hat. Durch die genannten 10 Forscher ist allerdings festgestellt worden, daß Traubenmoste schneller vergären, wenn sie einmal oder wiederholt gelüftet werden, eine Erscheinung, die in erster Linie wohl auf den günstigen Einfluß zurückzuführen ist, den die Lüftung auf die Zellvermehrung der Hefen ausübt. Wie auf S. 122 des Vierten Bandes bereits bemerkt ist, wirkt bei einer 15 derartigen Behandlung der Moste nicht nur der Ueberschuß an Sauerstoff anregend auf die Sprossung der Hefen ein, sondern diese wird auch dadurch begünstigt, daß der durch den Most hindurchstreichende Luftstrom entwicklungshemmende Stoffwechselprodukte der Gärung, wie Kohlensäure und flüchtige Säuren, mit fortführt und die Hefen gleich-20 zeitig durch die mechanische Erschütterung (s. Bd. I. S. 460) in innigere Berührung mit dem Gärstoff bringt. Infolgedessen tritt eine Beschleunigung der Gärung auch dann ein, wenn an Stelle von Luft Wasserstoff, Kohlensäure oder ein anderes Gas durch die gärenden Moste geleitet wird, was schon die älteren Beobachtungen von MORITZ (1 u. 2) erwiesen haben.

25 Die günstige Wirkung der Luftzufuhr auf die Sprossung der Hefen gibt sich auch bei der Weingärung in einer Steigerung der entstehenden Mengen an Bodensatzhefe (Trub) zu erkennen. In einem Versuch von NEUBAUER (2) lieferten 1000 ccm Riesling-Most bei einmaliger Lüftung unmittelbar nach dem Keltern und der Vergärung unter völligem 30 Luftabschluß 2,4 g bei 100° C getrockneten Hefentrub, bei Gärung unter täglicher Zuleitung von Luft dagegen 4,37 g Trockenhefe. Wie schon WEIGELT (1) bemerkt hat, ist diese Erhöhung des Trubgewichts nicht nur auf eine stärkere Zellvermehrung der Hefen, sondern auch darauf zurückzuführen, daß unter der Einwirkung des Luftsauerstoffs lösliche 35 Mostbestandteile in unlösliche übergehen, wobei sich vermutlich ähnliche Umsetzungen abspielen wie bei dem auf S. 680 des Ersten Bandes beschriebenen Braunwerden frisch gepreßter Apfelmoste. Für die Annahme, daß, wie bei jenem Vorgang, auch hier Oxydationsprodukte von Gerbstoffen entstehen, die mit den Eiweißkörpern des Mostes unlösliche 40 Verbindungen eingehen, spricht wenigstens die Beobachtung von WEIGELT (1), wonach die beim Lüften steriler Moste entstehenden Abscheidungen stickstoffhaltig sind. Das Gewicht dieser Beimengungen ist im Verhältnis zu den Hefen aber kaum sehr hoch, sodaß die Vermehrung des Trubs in gelüfteten Weinen im wesentlichen doch durch 45 eine größere Zahl von Hefenzellen bedingt sein wird, wie das auch den Erfahrungen bei der im § 26 des Vierten Bandes besprochenen Lufthefen-Fabrikation entspricht. Die Zunahme an Hefenzellen und der dadurch bedingte stärkere Verbrauch an Stickstoffnahrung erklären im Zusammenhang mit der vorhin erwähnten Abscheidung von Eiweißkörpern 50 vielleicht schon allein die von NEUBAUER (2), MOLNÀR (1), MACH (1) und

Rotondi (1) übereinstimmend bekundete Tatsache, daß Moste, die während der Gärung gelüftet werden, Weine von geringerem Stickstoffgehalt liefern als Moste, die unter Luftabschluß vergären. An dem Zustandekommen dieser Erscheinung könnte freilich auch der Stickstoffumsatz der einzelnen Hefenzelle beteiligt sein, und es mag deshalb erwähnt 5 werden, daß nach einer Beobachtung von Kulisch (1) bei der Umgärung von Weinen ein Zusatz von Ammoniumsalzen von den Hefen offenbar besser ausgenutzt wird, wenn die Weine während der Gärung gelüftet werden. Die Herabsetzung des Stickstoff-Gehaltes der Weine rechnet man zu den Vorzügen des Lüftungsverfahrens, weil man beobachtet 10 hat, daß stickstoffarme Weine weniger zu Trübungen und Krankheiten neigen als stickstoffreiche. Dasselbe könnte man mit Bezug auf die Erhöhung des Glycerin-Gehaltes sagen, die sich nach Müller-Thurgau (4) einstellen soll, wenn den Mosten während der Gärung Luft zugeführt wird. 15

Diesen kleinen Vorteilen stehen aber große Nachteile gegenüber, unter denen nicht der geringste die Braunfärbung ist, welche weiße Traubensäfte, sowie Aepfel- und Birnmöste in Berührung mit der Luft annehmen. Wie auf S. 680 des Ersten und S. 54 des vorliegenden Bandes näher auseinandergesetzt ist, beruht diese Farbenänderung jedenfalls 20 auf einer Oxydation von Gerbstoffverbindungen, bei der möglicherweise Oxydasen als Sauerstoffüberträger mitwirken. Die Neigung zur Braunfärbung ist bei einzelnen Traubensorten, wie beim Riesling, besonders groß und zeigt sich ferner außerordentlich leicht bei Mosten aus faulen Trauben, bei denen stets die Gefahr des Rahnwerdens vorliegt. Man 25 vergleiche damit die Darlegungen auf S. 681 des Ersten Bandes sowie § 113 des folgenden Kapitels. Auch wenn die Berührung mit der Luft nur zu einer dunkleren Färbung des Weines führt, ist sie von großem Schaden, weil die oxydierten Mostbestandteile dem Wein einen unreinen und „rapsigen" Geschmack verleihen und hochfarbige Weißweine heute 30 schon an sich einen geringeren Handelswert besitzen als helle grünliche Weine.

Aus ähnlichen Gründen ist stärkere Lüftung auch bei der Rotweingärung bedenklich, weil der rote Traubenfarbstoff dabei unter Spaltungs- und Oxydationsvorgängen ebenfalls in eine braune unlösliche Verbindung 35 übergeführt werden kann, wie deutlich daraus ersichtlich ist, daß die schwach rot gefärbten Moste, die man beim Abpressen roter Trauben erhält, nach den Verfahren von Bouffard und Sémichon (1) sowie Martinand (3) durch starke Lüftung leicht entfärbt werden können. Man vergleiche damit S. 682 des Ersten Bandes. Ebensowenig dürfte 40 für die Lüftung der gärenden Moste sprechen, daß bei diesem Verfahren die Bildung der Aldehyde und Ester nach den Untersuchungen von Kayser und Demolon (1) anders verläuft als bei der Gärung unter Luftabschluß. Die von Rotondi (1) und anderen bekundete Tatsache, daß Weine aus gelüfteten Mosten schneller altern, hat höchstens für die 45 Rotweinbereitung einige Bedeutung, da Weißweine mit Altelgeschmack heute im allgemeinen nicht so viel Handelswert haben wie junge frische Weine. Sehr bedenklich ist bei der Lüftung die Begünstigung, welche die Gärungsschädlinge, besonders die Essigsäure-Bakterien, die Kahmpilze und die Schimmelpilze, unter der Zuleitung von Sauerstoff erfahren, 50 womit man § 95 vergleiche.

Infolge dieser Nachteile ist die Lüftung der gärenden Moste auch da, wo sie vorübergehend in Aufnahme gekommen ist, bald wieder auf-

gegeben worden, wobei wohl die von Müller-Thurgau (4) bestätigte Erfahrung den Ausschlag gegeben hat, daß im Kellereibetrieb Moste von gewöhnlicher Beschaffenheit ungelüftet ebensogut vergären wie gelüftet. Es ist das auch verständlich, weil die Moste beim Mahlen und Ab-
5 pressen der Trauben schon so viel Sauerstoff aufnehmen, als zur Anregung des Hefenwachstums erforderlich ist. Wenn die gemahlenen Trauben, wie das bei der Rotweinbereitung fast allgemein üblich ist, zur Beseitigung der Traubenstiele noch durch eine Entrappungsmühle getrieben werden, ist diese Art der Sauerstoffzufuhr, wie auch Sannino (1) be-
10 merkt hat, sogar sehr ergiebig; die Beeren werden in den Entrappungs-Apparaten durch Schleuderwirkung so stark zerrissen und verteilt, daß die in feinen Strahlen und Tropfen ablaufende Maische mit der Luft in die innigste Berührung kommt.

Aus denselben Gründen hat man in neuerer Zeit auch das in Fran-
15 zösisch-Lothringen früher übliche Verfahren der Schaufelweinbereitung, bei der die nach und nach in die Botticbe eingebrachte Rotweinmaische 24—48 Stunden lang mit Schaufeln von einer Seite des Gärbehälters nach der anderen geworfen und so einer ähnlichen Behandlung wie bei der Zufuhr von Druckluft unterzogen wurde, ganz allgemein ver-
20 lassen.

Mit Erfolg wird das Lüftungsverfahren dagegen heute noch zur Beseitigung gewisser Gärungsstockungen benutzt, wie sie eintreten können, wenn die Moste gegen Ende der Gärung sich zu stark abkühlen oder schleimig werden, und wie sie auch bei zuckerreichen Auslese-
25 weinen vorkommen, bei denen sich die Hefen nicht selten fest zu Boden setzen, bevor sie genügende Mengen von Alkohol gebildet haben. Wie Müller-Thurgau (4) und Wortmann (1) hervorheben, läßt sich in derartigen Fällen die ruhende Hefe durch Lüften der Weine leicht wieder zur Gärtätigkeit anregen. Nach Wortmann (1) ist die Lüftung unter Um-
30 ständen auch bei der Umgärung von Weinen angebracht, worauf im § 110 noch zurückzukommen sein wird. Kayser (5) empfiehlt die Lüftung für die Vergärung pasteurisierter Moste, was seine Berechtigung hat, weil die Moste beim Erwärmen die größte Menge der aufgenommenen Luft wieder abgeben. Unbestritten ist endlich der Nutzen der Lüftung, wenn es
35 sich darum handelt, geschwefelte Moste oder Weine in Gärung zu bringen. Der günstige Einfluß der Luftzufuhr beruht hier naturgemäß in erster Linie auf der Umwandlung der gärungshemmenden schwefligen Säure in Schwefelsäure und erst in zweiter Linie auf der Anregung des Hefenwachstums durch Zuleitung von Sauerstoff.

40 Was die Ausführung der Lüftung anbelangt, so genügt es in den meisten Fällen, den Wein durch eine Brause oder ein siebartig durchlochtes Rohr (Reißrohr) abzuziehen. Zweckmäßig ist es allerdings, an Stelle dieser Ablaufvorrichtungen den von Moog empfohlenen Auslauf zu benutzen, bei dem der Lüftungsansatz mit einem Wattefilter
45 verbunden werden kann. Als ausreichende Lüftung wirkt auch die bei der Rotweinbereitung vielfach übliche Umfüllung des gärenden Mostes (remontage), wie sie auf S. 390 beschrieben worden ist. Das Verfahren von Babo (1), den Mosten durch Schlagen mit einer zweiarmigen Drehschaufel (Mostpeitsche) Luft zuzuführen, ist nicht mehr in Gebrauch.
50 Dagegen bedient man sich in neuerer Zeit zur Durchlüftung der Moste und Weine wohl der Weinpumpen, was den Vorteil hat, daß man die Luft vor der Ueberleitung in den Most durch ein Luftfilter saugen kann. Näheres über die Vorrichtungen zur Lüftung findet man in den Lehr-

büchern von Babo und Mach (1), Nessler (1) und Meissner (1). Bei der Vornahme der Lüftung ist Vorsicht geboten, wenn die Moste sehr kalt lagern, weil in diesem Falle die bei der Lüftung eintretende Abkühlung des Gärstoffes leicht zu groß wird. Bei trubhaltigen Weinen empfiehlt Wortmann (1) vor Ausführung der Lüftung stets eine Untersuchung des Trubs vorzunehmen. Enthält dieser zu viel tote Hefen oder Verunreinigungen, so ist von der Lüftung abzusehen, um die Entstehung von Trübungen und nachteiligen Geschmacksveränderungen des Weines zu vermeiden. Noch weniger ist die Lüftung zulässig, wenn in dem Trub schädliche Gärungserreger in größerer Menge vorkommen, weil diese durch die Zuleitung von Sauerstoff leicht stärker begünstigt werden als die Hefen. Es gilt dies nicht nur von den Erregern der eigentlichen Weinkrankheiten, wie z. B. den Essigsäure-Bakterien, sondern auch von den Apiculatus-Hefen, deren Wachstum nach den Untersuchungen von Röhling (1) durch die Gegenwart von freiem Sauerstoff ganz außerordentlich gefördert wird. Man vergleiche damit S. 321 des Vierten Bandes.

Ueber die Beziehungen des **Lichtes** zur Weingärung haben Lubimenko und Froloff-Bagreief (1) Untersuchungen angestellt, aus denen zu entnehmen ist, daß im Licht die Vermehrung der Hefen langsamer vor sich geht und die Kohlensäure-Entwicklung etwas schwächer ist als bei Lichtabschluß. Auch sollen die Hefen unter der Einwirkung des Lichtes etwas größere Mengen von Glycerin, von nicht-flüchtigen und besonders von flüchtigen Säuren erzeugen als in der Dunkelheit, wozu freilich zu bemerken ist, daß diese Angaben, wenigstens soweit sie sich auf die Glycerinbildung beziehen, wegen der Unsicherheit der chemischen Glycerin-Bestimmung als gut begründet nicht angesehen werden können. Der Gehalt des Weines an Estern und das Trockengewicht des entstehenden Hefentrubs sollen sich unter dem Einfluß des Lichtes nicht merkbar ändern. Die Einwirkung des ultravioletten Lichtes auf die Weingärung haben Maurain und Warcollier (1 u. 2) untersucht, dabei aber nur auf die entwicklungshemmende Kraft dieser Strahlengattung geachtet. Erinnert sei an dieser Stelle auch an die auf S. 350 bereits erwähnten Untersuchungen von Martinand (2), wonach in südlichen Ländern der Eintritt der Weingärung dadurch verzögert werden kann, daß die auf den Trauben sitzenden Hefen durch starke Besonnung getötet oder geschwächt werden.

§ 105. Die Beeinflussung der Weingärung durch Pilzgifte.

Von Pilzgiften, die für die Technik der Weingärung Bedeutung haben, kommt in erster Linie die **schweflige Säure** in Betracht, die nach Bassermann-Jordan (1) vielleicht schon seit römischer Zeit, sicher aber seit dem Mittelalter bei der Weinbereitung in Gebrauch ist. Meist wird sie durch Verbrennen von sogen. Schwefelschnitten erzeugt, d. h. von dünnen, streifenförmigen Schwefelscheiben, die mit einer Papier- oder Asbesteinlage versehen sind. Die neuere Kellerwirtschaft benutzt die schweflige Säure außerdem in komprimiertem Zustande, in wässeriger Lösung oder in Gestalt der auf S. 408 erwähnten Alkalibisulfite. Das Einschwefeln geschieht bei der Weinbereitung hauptsächlich zu dem Zweck, Moste oder Weine haltbar zu machen oder Gärfässer und Kellereigeräte zu desinfizieren. Seit der Einführung des

Sulfitverfahrens dient es ferner zur Verbesserung der Mostgärung, wie im § 98 näher beschrieben ist. An jener Stelle sind die Beziehungen der schwefligen Säure zur Weingärung bereits gestreift, doch sind hier mit Rücksicht auf die vielseitige Anwendung des Schwefeldioxydes in 5 der Kellerwirtschaft und in Anbetracht des Umstandes, daß durch dieses Pilzgift vielfach Gärungsstockungen hervorgerufen werden, noch einige ergänzende Angaben über den Einfluß der schwefligen Säure auf den Verlauf der Weingärung und die Zusammensetzung der Weine nachzutragen. Zu erinnern ist an dieser Stelle noch an die Möglichkeit, 10 daß kleine Mengen von schwefliger Säure bei der Gärung von Trauben- und Obstmosten auch durch Enzymwirkungen der Hefen entstehen können, eine Erscheinung, auf welche die Untersuchungen von Haas (1) und Hotter (1) aufmerksam gemacht haben. Näheres darüber findet man auf S. 449 des Vierten Bandes.

15 Wie manche anderen Gifte wirken kleine Mengen von schwefliger Säure fördernd auf die Mostgärung ein. Bei einem von Seifert (1) mit zwei reingezüchteten Weinhefen und pasteurisiertem Most durchgeführten Versuch zeigte sich eine solche Begünstigung der Gärung deutlich bei einer Anwesenheit von 20 mg schwefliger Säure im Liter 20 Most, was mit einer ähnlichen Beobachtung von Fernbacher (1) gut im Einklang steht. Größere Mengen von schwefliger Säure verzögern den Eintritt der Gärung, und zwar genügen dazu, wie von Müller-Thurgau (11) in Uebereinstimmung mit Roos (4) und anderen festgestellt worden ist, unter Umständen schon 40 mg Schwefeldioxyd im Liter 25 Most. Seifert (1) hat bei seinen vorhin erwähnten Versuchen ermittelt, daß der Beginn der Gärung in pasteurisierten, mit Reinhefen geimpften Mosten durch 0,05 Promille schweflige Säure um 3—4 Tage, durch 0,08 Promille um 6—7 Tage und durch 0,10 Promille um etwa 10 Tage hinausgeschoben wurde, wenn die Hefenaussaat nur so groß bemessen 30 war, daß sie der Hefenmenge des natürlichen Mostes etwa gleichkam. Selbstverständlich äußert sich die gärungshemmende Wirkung des Schwefeldioxydes nicht unter allen Verhältnissen gleich stark. Schwankungen bedingt schon die Zusammensetzung der Hefenflora, da die verschiedenen Arten und Rassen der Gärungserreger von schwefliger Säure in sehr 35 wechselndem Grade beeinträchtigt werden, wie bereits auf S. 407 eingehender besprochen worden ist. Es kommt hinzu, daß sich nach Müller-Thurgau (12) und anderen Beobachtern auch die einzelnen Hefen verschieden gegen schweflige Säure verhalten, je nachdem sie durch die Zusammensetzung des Mostes im Wachstum begünstigt sind 40 oder nicht. Im allgemeinen ist ihre Widerstandskraft gegen schweflige Säure um so größer, je besser sie ernährt sind. Nach Martinand (4) steigert sich diese Fähigkeit schon, wenn die Hefen in stickstoffreichen Nährlösungen herangezüchtet werden. Erschweren noch andere Umstände die Gärung, dann erhöht sich die Empfindlichkeit der Hefen 45 gegen schweflige Säure. So scheint in Gegenwart von Alkohol die störende Einwirkung dieses Giftes auf die Gärung etwas stärker zu sein, was wenigstens von Müller-Thurgau (2) behauptet worden ist. Nach Beobachtuugen von Seifert (1) können bei der Umgärung von Weinen schon Mengen von 0.05 Promille schwefliger Säure den 50 Eintritt der Gärung beträchtlich verzögern, und zwar selbst bei reichlicher Aussaat von Hefen, die von schwefliger Säure sonst weit weniger angegriffen werden. In ähnlicher Weise verstärkt sich der Einfluß der schwefligen Säure bei Anwesenheit von Essigsäure, wozu bemerkt sein

mag, daß wässerige Lösungen von schwefliger Säure nach den Feststellungen von LINOSSIER (1) bei Gegenwart geringer Mengen von Schwefelsäure weit giftiger auf Hefen einwirken als in reinem Zustande. Durch die Untersuchungen von MÜLLER-THURGAU (12) und SEIFERT (1) ist ferner erwiesen, daß die Beziehungen der schwefligen Säure zur Weingärung von der Menge der vorhandenen Hefen abhängig sind. Bei reichlicher Aussaat verträgt eine Hefe unter sonst gleichen Umständen mehr schweflige Säure als bei spärlicher Aussaat. SEIFERT (1) hat bei seinen oben erwähnten Versuchen erst auf Zusatz von 0,080 bis 0.100 Promille schwefliger Säure eine Verzögerung im Beginn der Gärung bemerkt, wenn die pasteurisierten Versuchsmoste mit ein Prozent einer kräftigen Hefenzucht geimpft wurden, während bei kleinerer Aussaat, wie oben erwähnt, schon Mengen von 0,05 Promille schwefliger Säure dieselbe Wirkung erzielten. Die hier erwähnte Tatsache erklärt auch die Beobachtung, daß sich die Gärung in frisch abgepreßtem Most durch kleinere Mengen von schwefliger Säure unterdrücken läßt als in angegorenen Traubensäften.

Nach Eintritt der Gärung wird der störende Einfluß der schwefligen Säure bald überwunden, so daß das Endergebnis der Gärung dasselbe ist wie bei Abwesenheit von Schwefeldioxyd, was übereinstimmend von MÜLLER-THURGAU (11 u. 12) und SEIFERT (1) festgestellt worden ist. Bei Gegenwart von gärkräftigen Hefenrassen zeigt sich nach Beginn der Gärung sogar eher eine Begünstigung der Hefentätigkeit, wie ein Vergleich der nachstehenden, von MÜLLER-THURGAU (12) ermittelten Zahlen deutlich erkennen läßt. Sie geben die Kohlensäure-Mengen an, die ein und derselbe Most mit und ohne Zusatz von schwefliger Säure bei seiner Vergärung mit verschiedenen Hefenrassen bis zu bestimmten Tagen entwickelt hatte:

Hefenrasse	Ursprünglicher Gehalt des Mostes an schwefliger Säure in Promille	Gesamtmenge der entwickelten Kohlensäure in g am:					
		5. Tage	7. Tage	9. Tage	16. Tage	23. Tage	30. Tage
Aßmannshausen 5	0,032	0,3	15,0	25,0	44,3	54,7	66,0
	0,0	7,0	15,6	20,5	42,7	52,7	65,3
Wädenswil 4	0,032	0,0	0,0	0,0	23,7	59,7	77,0
	0,0	8,8	18,2	23,0	34,8	44,5	53,5

Wie die hier für die Hefe *Wädenswil 4* angeführten Zahlen beweisen und MÜLLER-THURGAU (12) auch bei anderen Versuchen beobachtet hat, zeigen gerade die durch eine schwache Giftwirkung der schwefligen Säure zu einer langsamen Entwicklung gezwungenen Hefenzellen eine auffallend gesteigerte Gärkraft, die sich lebhaft äußert, wenn genügend Hefenzellen gebildet worden sind. Die hiermit wohl im Zusammenhang stehende Tatsache, daß Hefen durch dauernde Anzucht in eingeschwefelten Mosten gegen schweflige Säure widerstandsfähiger werden, ist im § 98 so ausführlich behandelt worden, daß sie einer weiteren Erörterung nicht mehr bedarf; man vergleiche dazu auch die Bemerkungen auf S. 448 des Vierten Bandes. Dagegen muß noch auf einige Untersuchungen eingegangen werden, welche über die chemischen Veränderungen der schwefligen Säure im Most und Wein Aufschlüsse gegeben haben, die auf die Beziehungen der schwefligen Säure zur Weingärung neues Licht werfen.

Schon lange ist bekannt, daß sich die schweflige Säure im Most und Wein allmählich zu Schwefelsäure oxydiert, im allgemeinen in diesen Flüssigkeiten aber weit beständiger ist als in wässeriger Lösung. Die Aufklärung dieser eigenartigen Erscheinung ist angebahnt worden durch den Nachweis von SCHMITT (1) und RIPPER (1), daß im Wein weit mehr gebundene schweflige Säure enthalten ist als freie. Auf Grund dieser Beobachtung haben die beiden Forscher die Vermutung ausgesprochen, daß sich die schweflige Säure im Wein mit Acetaldehyd zu aldehydschwefliger Säure vereinige. Später ist ROCQUES (1) der Nachweis
10 gelungen, daß auch in geschwefelten Mosten reichliche Mengen von gebundener schwefliger Säure vorkommen. Da Acetaldehyd nicht zu den natürlichen Bestandteilen des Mostes gehört, hat ROCQUES seine Feststellung mit dem Hinweis erklärt, daß die schweflige Säure im Most eine Verkettung mit dem Zucker eingehe. Den einwandfreien Beweis
15 für die Richtigkeit dieser Annahmen hat KERP (1) erbracht, der auch gezeigt hat, daß von den Zuckerarten des Mostes nur die Glucose, die ja ebenfalls die Eigenschaften eines Aldehyds besitzt, schweflige Säure bindet. Wie KERP's eingehende Untersuchungen gezeigt haben, vollziehen sich die Reaktionen zwischen der schwefligen Säure und den
20 beiden Aldehyden nach folgenden Gleichungen:

$$CH_3 \cdot C \begin{matrix} / H \\ \backslash\!\backslash O \end{matrix} + H \cdot SO_3H = CH_3 \cdot C \begin{matrix} / H \\ - OH \\ \backslash SO_3H \end{matrix}$$

Acetaldehyd — Acetaldehydschweflige Säure

$$CH_2(OH) \cdot (CH \cdot OH)_4 \cdot C \begin{matrix} /\!/ O \\ \backslash H \end{matrix} + H \cdot SO_3H = CH_2(OH) \cdot (CH \cdot OH)_4 \cdot C \begin{matrix} / OH \\ - SO_3H \\ \backslash H \end{matrix}$$

Glucose — Glucoseschweflige Säure

Die entstehenden Säuren wären danach als Oxysulfonsäuren aufzufassen, womit auch die auffallende Beständigkeit der schwefligen Säure im Weine und Moste im Einklang stehen würde. In neuerer Zeit ist man allerdings mehr geneigt, die acetaldehydschweflige Säure wegen ihrer
25 leichten Verseifbarkeit als den Schwefligsäure-Ester des Aethyliden-Glycols anzusehen.

Sehr wichtig ist, daß die Reaktionen zwischen den Aldehyden und der schwefligen Säure niemals ganz zu Ende verlaufen, sondern nur zu einem Gleichgewichtszustand zwischen Aldehyd, schwefliger Säure
30 und aldehydschwefliger Säure führen. Es muß also der gebundenen schwefligen Säure stets ein bestimmter Anteil an freier schwefliger Säure entsprechen, der nach den Untersuchungen von KERP bei der Bildung der glucoseschwefligen Säure stets größer ausfallen wird als bei der Entstehung der acetaldehydschwefligen Säure.

35 Für die Praxis kommt nach diesen Feststellungen naturgemäß sehr in Frage, mit welcher Geschwindigkeit sich diese Reaktionen vollziehen, und wie sich die gebundenen schwefligen Säuren in der Giftwirkung gegenüber der freien Säure verhalten. Nach KERP ist die Reaktions-Geschwindigkeit sehr groß, und man wird danach annehmen
40 können, daß auch im Wein und Most schon nach wenigen Stunden, sicher aber nach einigen Tagen der Gleichgewichtszustand erreicht sein wird. Durch Bestimmungen von KERP (1) und SEIFERT (1) ist das auch bestätigt worden, soweit die Verhältnisse im Wein in Betracht kommen. Im Most geht die Bindung der schwefligen Säure nach DUPONT und VENTRE (1)

ebenfalls sehr schnell vor sich, sobald nur geringe Mengen von Gesamtschwefligsäure vorhanden sind, d. h. wenn also der Most hinsichtlich seines Gehaltes an schwefliger Säure nur eine sehr verdünnte Lösung darstellt. In diesem Falle ist die schweflige Säure schon nach kürzester Zeit bis auf wenige Milligramm in die gebundene Form übergegangen. 5 Mit zunehmender Konzentration an Gesamtschwefligsäure wächst aber auch die Menge der freien Säure. So beobachteten Dupont und Ventre (1), daß ein Most, dem auf den Liter 100 mg schweflige Säure zugesetzt worden waren, nach 8 Tagen im Liter nur noch 8 mg freie schweflige Säure enthielt. Wurde der Zusatz aber auf 500 mg schweflige Säure erhöht, dann 10 fanden sich nach der gleichen Zeit noch 140 mg freie schweflige Säure im Liter vor. Der Gleichgewichtszustand zwischen gebundener und freier schwefliger Säure soll im Most nach Dupont und Ventre (1) in der Regel nach 8—14 Tagen erreicht sein. Martinand (4) will dagegen festgestellt haben, daß in geschwefelten Mosten anfangs größere Mengen von 15 schwefliger Säure in freiem Zustande erhalten bleiben. Ob die Versuchsbedingungen in beiden Fällen dieselben gewesen sind, ist freilich fraglich. Baragiola und Godet (1) haben bei der Untersuchung überschwefelter spanischer Traubenmoste gefunden, daß der Anteil der freien schwefligen Säure an der vorhandenen Gesamtschwefligsäure in solchen Mosten 20 sehr verschieden groß ist. In den von ihnen untersuchten Fällen schwankte er von etwa 2,6 Proz. bis auf etwa 54 Prozent. Worauf diese Abweichungen zurückzuführen sind, ist noch nicht festgestellt. Martinand (4) hat gezeigt, daß in pasteurisierten Mosten die Bindung der schwefligen Säure anders verläuft als in nicht pasteurisierten. In Traubensäften, die vorher 25 durch Erhitzen sterilisiert worden sind, soll sich nach den Beobachtungen von Martinand (4) schon innerhalb weniger Tage ein Gleichgewichtszustand zwischen freier und gebundener schwefliger Säure einstellen, der sich offenbar nicht ändert, wenn die Moste ohne weitere Zusätze bei Luftabschluß aufbewahrt werden. In gewöhnlichen, nicht pasteurisierten 30 Mosten verschwindet die freie schweflige Säure dagegen angeblich sehr schnell. Martinand (4) hat z. B. in einem mit 0,10—0,15 Promille schwefliger Säure versetzten Most schon nach anderthalb Tagen freie schweflige Säure nicht mehr nachweisen können. Auch die gebundene schweflige Säure geht in solchen Mosten bald zurück, was ebenso wie die Abnahme 35 der freien schwefligen Säure nach Martinand in erster Linie auf der Umwandlung der gesamtschwefligen Säure in Schwefelsäure, d. h. auf einem Oxydationsvorgang beruhen soll, der durch gewisse, in den festen Bestandteilen der Traubenmaische enthaltene Körper begünstigt wird. Nach einigen Versuchen von Martinand (4) scheinen diese Stoffe den Luft- 40 sauerstoff zu fixieren und an die schweflige Säure abzugeben, d. h. wie Sauerstoffüberträger zu wirken. In der Hitze sind sie unbeständig, da in pasteurisierten Mosten die Oxydation der schwefligen Säure unter gewöhnlichen Verhältnissen, wie angegeben, nicht erfolgt.

Sehr beachtenswert ist die Angabe von Martinand (4 u. 5), daß die 45 Gärung in geschwefelten Mosten sich stets erst dann einstellt, wenn die freie schweflige Säure völlig oder bis auf kleine Spuren verschwunden ist. Eine Bestätigung dieser Wahrnehmungen würde von erheblichem Belang für die Deutung der auf S. 407 beschriebenen Anpassungserscheinungen sein, wie sie die Weinhefen gegenüber der schwefligen 50 Säure zeigen. Aus den Untersuchungen von Martinand kann auch gefolgert werden, daß die gebundenen schwefligen Säuren für Hefen bedeutend weniger giftig sind als die freie Säure. Für die acetaldehyd-

schweflige Säure ist das durch besondere Versuche durch SEIFERT (1) auch bewiesen worden, während für die glucoseschweflige Säure derartige Beobachtungen nicht vorliegen. ROST und FRANZ (1) haben im tierphysiologischen Versuch allerdings gezeigt, daß gebundene schweflige
5 Säuren eine dem Komplex eigentümliche Wirkung nicht besitzen, sondern im Tierkörper nach Maßgabe des zur Abspaltung gelangenden Sulfit-Ions wirksam sind. Die glucoseschweflige Säure ist infolgedessen weit giftiger, da bei ihr die Spaltung erheblich weitgehender ist als bei der acetaldehydschwefligen Säure.

10 In gärenden Mosten beteiligt sich nach MARTINAND (4 u. 5) auch die Hefe an der Umwandlung der schwefligen Säure und zwar weniger durch Oxydierung der Säure als durch Bildung von Aldehyd. Wirksamer sollen in dieser Beziehung noch gewisse gärfähige Torulaceen sein, die nach MARTINAND reichliche Mengen von Aldehyd bilden, und von denen
15 eine von MARTINAND (5) geprüfte Form im Most angeblich selbst bei Anwesenheit von 2,43 Promille Schwefeldioxyd noch Gärung hervorzurufen vermag. Werden die Moste erst während der Gärung mit den in der Praxis üblichen Mengen von 0,1—0,2 Promille schwefliger Säure versetzt, so kommt die Gärung, wie übereinstimmend beobachtet worden ist, nur
20 vorübergehend zum Stillstand, um dann lebhaft von neuem einzusetzen. Nach MARTINAND (5) soll sich auch in diesem Falle die Tätigkeit der Hefe erst von neuem bemerkbar machen, wenn die freie schweflige Säure durch Aldehydbildung bis auf Spuren zurückgegangen ist. Nur wenn der Zusatz während der Gärung öfter wiederholt wird, beginnt die Arbeit
25 der Hefe schließlich auch bei Anwesenheit von freier schwefliger Säure, aber die Mengen, die dann noch vorhanden sind, sollen in keinem Falle 0,03 Promille übersteigen.

Die Angaben über den Wirkungsgrad der schwefligen Säure, welche sich auf Beobachtungen in Rotwein-Gärbetrieben stützen, sind nach
30 MARTINAND (4) unzuverlässig, weil es, abgesehen von der Mitwirkung der erwähnten Torulaceen, zu schwierig ist, die an sich kleinen Mengen von schwefliger Säure oder schwefligsauren Salzen gleichmäßig auf die großen Massen von Traubenmaische zu verteilen. In den großen Gärbottichen gibt es fast immer Maischeteile, die mit schwefliger Säure
35 nicht durchtränkt sind. An diesen Stellen beginnt die Gärung, und die dabei vor sich gehende Aldehydbildung soll viel zur Bindung der schwefligen Säure beitragen. Hinzu kommt außerdem, daß in den oberen Teilen der Bottiche, wo die Maische mit der Luft in Berührung steht, die Oxydation der schwefligen Säure angeblich so schnell vor sich geht,
40 daß hier die Gärung früher einsetzt als im Inneren der Behälter. Eine Nachprüfung aller dieser Angaben ist um so mehr geboten, als MARTINAND (4 u. 5) bei seinen Arbeiten die grundlegenden Untersuchungen von KERP (1) offenbar nicht berücksichtigt hat.

Aus den angegebenen Tatsachen ist aber mit Sicherheit zu ent-
45 nehmen, daß zur völligen Unterdrückung der Gärung in Mosten ziemlich große Mengen von schwefliger Säure nötig sein werden. Während BOUFFARD (2) 0,3 Promille und DUPONT und VENTRE (1) 0,4 Promille dazu für ausreichend halten, glaubt MARTINAND (4), daß diese Mengen auf die Dauer nicht genügen können, besonders wenn die von
50 ihm beschriebenen *Torula*-Arten in den Mosten vorhanden sind. Nach LINOSSIER (1) unterdrückt erst ein Zusatz von 0,675 Promille die Gärung in Traubenmosten mit Sicherheit. LINOSSIER (1) hat auch versucht, die keimtötende Wirkung der schwefligen Säure in wässeriger Lösung zahlen-

mäßig festzulegen. Er hat je 100 ccm einer wässerigen Lösung von bekanntem Gehalt an schwefliger Säure mit je 1 ccm einer frischen Zucht von Weinhefe gemischt und nach verschiedener Einwirkungsdauer mit einem Tropfen dieses Gemenges eine gärfähige Nährlösung geimpft. Dabei hat er gefunden, daß eine wässerige Lösung von:

1,350 Proz. SO_2	bei einer Einwirkungsdauer von	15 Minuten
0,270 „ „	„ „ „	60 „
0,108 „ „	„ „ „	24 Stunden
0,054 „ „	„ „ „	mehreren Tagen

die vorhandenen Hefen abtötete. Einige ähnliche Bestimmungen hat FERNBACHER (1) vorgenommen; man vergleiche darüber S. 536 des Ersten Bandes.

Die Wirkung der schwefligen Säure auf die Zusammensetzung des Weines beruht zum Teil auf rein chemischen Veränderungen, an denen Gärungserreger nicht beteiligt sind. Zu diesen, hier vorweg zu nehmenden Reaktionen gehören die Bildung der aldehyd- und der glucoseschwefligen Säure, die Erhöhung des Schwefelsäure-Gehaltes der Weine durch Oxydation der schwefligen Säure und die Bindung, die sich nach MARTINAND (5) zwischen dem Rotweinfarbstoff und der schwefligen Säure vollzieht. Die aldehydschweflige Säure soll nach SCHMITT (1) zur Entstehung des Weinbouquets beitragen, was für die glucoseschweflige Säure, die sich nur in Süßweinen erhalten dürfte, nicht erwiesen ist. Naturgemäß erhöht die schweflige Säure auch an sich den Gehalt der Weine an Gesamtsäure. Wenn die schweflige Säure den Mosten nicht in freiem Zustande, sondern in Form von schwefligsauren Salzen zugesetzt wird, kann sich auch der Mineralstoffgehalt der Weine merkbar ändern, worüber KEHLHOFER und HUBER (1) Bestimmungen ausgeführt haben. Mehr interessieren hier diejenigen Abweichungen in der Zusammensetzung der Weine, die durch die veränderten Lebensbedingungen der Gärungserreger zustande kommen. Sie sind in erster Linie die Folge der Auslese unter den vorhandenen Gärungsorganismen, eines Vorganges, auf den MARTINAND (4 u. 5), MENSIO (3) und BARAGIOLA und GODET (1) ebenfalls hingewiesen haben. Nach MARTINAND (4 u. 5) kommen in geschwefelten Mosten besonders die bereits erwähnten *Torula*-Arten zur Entwicklung, während MENSIO (3) gezeigt hat, daß unter Umständen in solchen Mosten auch Formen vorherrschend sind, die dem *Saccharomycodes Ludwigii* nahestehen. BARAGIOLA und GODET (1) haben diese Beobachtung bestätigt und mitgeteilt, daß die Pilzflora der Moste unter der Einwirkung der schwefligen Säure auch in anderer Beziehung ein stark abweichendes Aussehen erhält. Zum Teil sind die durch die schweflige Säure ausgelösten Veränderungen in der Beschaffenheit der Weine aber wohl auch der Ausdruck einer veränderten Stoffwechseltätigkeit der Hefen. Uebereinstimmend wird von PARIS (1), PASSERINI (2) und PANTANELLI (2) angegeben, daß sich die Einwirkungen dieser Art zunächst in einer Erhöhung der Alkohol-Ausbeute bemerkbar machen. In Birnenweinen, die aus geschwefeltem Most hergestellt werden, ist der sogen. Zuckerrest, wie MÜLLER-THURGAU (13) beobachtet hat, gewöhnlich größer als in Weinen, die ohne Anwendung von Schwefeldioxyd gewonnen werden. Er besteht nach MÜLLER-THURGAU jedenfalls nicht aus einer der gewöhnlichen in Früchten vorkommenden Zuckerarten, sondern aus einem reduzierenden Körper, der von gewissen, in Obstsäften vorhandenen Milchsäure-Bakterien, nicht aber von den Hefen vergoren werden kann. Die Menge des Glycerins und der Extraktbestandteile sowie der Gerb-

stoffgehalt der Weine sollen unter der Einwirkung der schwefligen Säure nach den Bestimmungen von Pantanelli (2) zunehmen. Die flüchtigen Säuren gehen in Obstweinen bei Gegenwart von Schwefeldioxyd an Menge zurück, was sich nach Müller-Thurgau (13) durch die Unterdrückung der eben erwähnten Milchsäure-Bakterien erklärt. Nach Pantanelli (2) vermindert sich die Menge der flüchtigen Säuren unter der Einwirkung von Sulfiten auch in gärenden Traubenmosten, während Kayser (6) bei Verwendung größerer Mengen von Sulfiten allerdings das Gegenteil beobachtet hat, wozu aber bemerkt werden muß, daß die schweflige Säure naturgemäß selbst den Gehalt an flüchtiger Säure entsprechend vermehrt. Sehr wichtig für die Kellerwirtschaft ist die von Müller-Thurgau (11) und Kulisch (4) nachgewiesene Tatsache, daß die in Gegenwart von schwefliger Säure vergorenen Obst- und Traubenmoste viel weniger zum Säurerückgang neigen als gewöhnliche Weine. Wir werden auf diese Tatsache im § 109 noch zurückkommen. Erwähnt sei schließlich, daß Passerini (3) als Wirkung des Einschwefelns der Moste auch eine Steigerung der Aldehydbildung nachgewiesen haben will. Die Angabe von Roos (4) und Mathieu (2), wonach bei der Vergärung eingeschwefelter Moste das vorhandene Schwefeldioxyd unter Umständen durch besondere Hefen zu Schwefelwasserstoff reduziert wird, ist zunächst mit Vorsicht aufzunehmen und bedarf noch der Bestätigung. Man vergleiche damit S. 448 u. 450 des Vierten Bandes.

Für die Praxis der Weinbereitung hat auch der Einfluß des **Schwefels** auf die Weingärung einiges Interesse, da beim Einbrennen nicht selten unverbrannter Schwefel in die Gärfässer gelangt und der Gebrauch des Schwefelns zur Bekämpfung des *Oidium Tuckeri*, des Erregers der als Mehltau (s. S. 377) bezeichneten Rebenkrankheit, ebenfalls dazu führen kann, daß die Moste mit Schwefel verunreinigt werden. Auf S. 450 des Vierten Bandes ist diese Tatsache bereits beschrieben und in ihrer Bedeutung für die Entstehung von Schwefelwasserstoff bei der Gärung hinreichend gewürdigt. Nachgetragen seien hier nur einige Angaben über die Einwirkung von Schwefel auf den Verlauf der Gärung. Wortmann (4) hat zuerst nachgewiesen, daß die Gärung durch Mengen von etwa 0,02—0,2 Proz. Schwefel wohl im Anfang etwas verzögert werden kann, schon nach ein bis zwei Tagen aber stets erheblich beschleunigt wird. Gleichzeitig tritt, wie Seifert (2) bemerkt hat, eine stärkere Vermehrung der Hefe ein, auch wird der Endvergärungsgrad etwas erhöht, was nach Jeanprêtre (1) besonders bei der Vergärung sehr zuckerreicher Moste in Erscheinung tritt und bei Anwesenheit von Saccharose zu einer Steigerung des Alkoholgehalts um 3 Proz. führen kann. Jeanprêtre folgert daraus, daß durch die Anwesenheit von Schwefel auch das Inversionsvermögen der Hefen begünstigt wird. Die Förderung der Gärung und Hefenvermehrung durch fein verteilten Schwefel ist nach Wortmann (4) und Seifert (2) darauf zurückzuführen, daß die Hefen durch die Beimischung des Schwefels mit dem Most in innigere Berührung kommen. Zu dieser rein mechanischen Wirkung, die auch andere Körper von ähnlicher Feinheit auf die Gärung ausüben, kommt nach den übereinstimmenden Angaben von Wortmann (4), Seifert (2) und Schander (1) aber noch eine chemische, die vielleicht ähnlich zu beurteilen ist wie die bekannte fördernde Reizwirkung geringer Mengen gewisser Gifte. Ueber den Zusammenhang zwischen dem Schwefel und der Bildung von Schwefelwasserstoff bei der Gärung vergleiche man § 100 des Vierten Bandes.

Arsenverbindungen, die zur Bekämpfung der Raupen von *Conchylis ambiguella* und *Polychrosis botrana*, der unter dem Namen Heu- und Sauerwurm bekannten Traubenschädlinge, stellenweise Verwendung finden und infolge dieser Behandlung unter Umständen in die Moste gelangen, scheinen in den geringen Mengen, in denen sie in solchen 5 Fällen auftreten, die Gärung nicht zu beeinflussen; wenigstens hat C. von der Heide (2) bei der Vergärung eines derartigen Mostes, der aus dem an den Trauben haftenden Bleiarseniat 0,003 Promille Arsen und 0,008 Promille Blei aufgenommen hatte, Unregelmäßigkeiten nicht beobachtet. Wie Chuard (1) und C. von der Heide (2) nachgewiesen 10 haben, wird das im Most gelöste Arsen während der Gärung zum Teil ausgeschieden und im Hefentrub festgelegt. Nach C. von der Heide (2) hält diese Abnahme des Arsengehalts nach der Hauptgärung noch weiter an und wird dann vermutlich durch die Abstiche und Schönungen des Weines noch begünstigt. Mit dem Arsen etwa aufgenommenes Blei 15 wird den Weinen im Verlauf der Gärung und der weiteren Kellerbehandlung gleichfalls zum Teil wieder entzogen, was vermutlich ähnliche Ursachen hat wie die Abscheidung des Kupfers aus gärendem Most, die auf S. 128 des Vierten Bandes besprochen worden ist.

Ueber die Einwirkung des **Kupfers** und seiner Salze auf die Wein- 20 gärung sind im § 27 des Vierten Bandes bereits alle wesentlichen Tatsachen zusammengetragen.

Geringe Mengen von **Mangansalzen** vermögen nach den Untersuchungen von Kayser und Marchand (1) in der Weise anregend auf Weinhefen einzuwirken, daß nicht nur die Gärung beschleunigt, sondern 25 auch die Alkoholausbeute erhöht und die Bildung von flüchtiger Säure und Glycerin etwas herabgesetzt wird. Durch wiederholte Anzucht in manganhaltigen Nährlösungen lassen sich die Weinhefen angeblich an steigende Mengen von Mangansalzen gewöhnen und behalten dann einige der dabei erworbenen Eigenschaften auch bei Gärungen ohne Salzzusatz mehrere 30 Generationen hindurch bei. Nach Kayser und Marchand (1) hat diese Tatsache für die Vergärung von zuckerreichen Traubenmosten Bedeutung, besonders in heißen Ländern, wo die Gärung oft schleppend verläuft. Die an Mangan gewöhnte Hefe soll die Fructose schneller vergären als die Glucose, was nach Kayser und Marchand (1) einen weiteren Vorteil 35 bedeute, weil die Fructose der Hauptnährstoff der Krankheitserreger des Weines sei.

Der Zusatz von **Fluoriden** zu Most oder Wein ist nach der neueren Weingesetzgebung in den meisten Staaten unzulässig und erfolgt höchstens sträflicherweise, um Moste zu sterilisieren oder Süßweine gegen 40 Nachgärungen zu schützen. Man vergleiche darüber die Feststellungen von Windisch (5) und Vandam (1). Die Einwirkung von Fluorammonium auf die Weingärung hat Seifert (3) geprüft und dabei gefunden, daß die Weinhefen durch dieses Salz in verschiedenem Grade beeinträchtigt werden. Die Empfindlichkeit gegen Fluorammonium wird bei manchen 45 Rassen durch die Anwesenheit von Alkohol und allgemein durch die Gegenwart von freier Säure ganz erheblich gesteigert. Infolgedessen vertragen die Weinhefen in Bierwürze oder Malzmaische auch viel größere Fluormengen als in Most. In letzterem kann schon ein Zusatz von 0,1 Proz. Fluorammonium eine merkbare Verzögerung der Gärung 50 herbeiführen und eine Erhöhung dieser Menge auf 0,1—0,2 Proz. die Gärung völlig unterdrücken. Bemerkenswert ist, daß die im Wein auftretenden Essigbakterien nach den Feststellungen von Seifert (3)

gegen Fluorammonium weit widerstandsfähiger sind als Weinhefen und Kahmpilze.

Die **Kieselflußsäure** und ihre Salze haben für die Weingärung keine unmittelbare Bedeutung. Ueber ihren Wert für die Desinfektion in Weinkellereien haben Kroemer (2 u. 3) und Seifert (4) Versuche angestellt, aus denen hervorgeht, daß eine Lösung von Kieselflußsäure ebenso wie die unter dem Namen Montanin im Handel vorkommenden Kieselflußsäure-Präparate für diesen Zweck sehr brauchbar sind. Man vergleiche hierzu S. 183. Die Verwendung der Zink- und Kupfersalze der Kieselflußsäure an Stelle der reinen Säure scheint in dieser Beziehung wesentliche Vorteile nicht zu bieten.

Die **Borsäure** beeinflußt in den kleinen Mengen, in denen sie in manchen Mosten von Natur aus vorkommt, nach einem Versuch von Meissner (4) die Weingärung in keiner Weise. Ebensowenig ändert sich nach Meissner der Gärverlauf bei Anwesenheit von Borax, wenn dessen Menge 0,2 Promille nicht übersteigt.

Ueber die Einwirkungen des **Formalins** auf die Weingärung liegen Untersuchungen von Seifert (3) vor, über die schon auf S. 546 des Ersten Bandes berichtet ist. An derselben Stelle finden sich auch einige Angaben über den Wert des Formalins als Desinfektionsmittel für Weinkellereien, wozu nur nachzutragen wäre, daß in neuerer Zeit hierüber Delle (1) und Schaffer (1) ebenfalls Mitteilungen gemacht haben.

Die **Alkohole** der Fettreihe sind sämtlich Hefengifte, treten aber mit Ausnahme des Aethylalkohols in so geringen Mengen im Wein auf, daß sie ohne Einfluß auf die Gärung bleiben. Ueber die Wirkung, die sie bei höherer Konzentration auf die Gärtätigkeit der Hefen ausüben, haben Regnard (1) und Yabe (1) einige Versuche angestellt, deren Ergebnisse auf S. 133 des Vierten Bandes mitgeteilt sind. Man vergleiche hierzu auch § 88 desselben Bandes, wo die Alkohole der aliphatischen Reihe aufgezählt sind, die im Wein auftreten können.

Das Verhalten des **Chloroforms** zur Weingärung ist Gegenstand einiger Versuche von Mouline (1) gewesen. Sein Vorschlag, die Moste in heißen Klimaten mit Chloroform stumm zu machen und erst unter günstigeren Temperaturverhältnissen zu vergären, ist nach Mathieu (3) undurchführbar und wohl auch nie verwirklicht worden. Sarason (1) ist später allerdings ein Verfahren patentiert worden, bei dem frisch gekelterte Obstsäfte vor der Gärung zum Zweck der Schönung mit Chloroform gesättigt werden sollen; doch dürfte dieses Patent für die Praxis der Weinbereitung ebenfalls kaum Bedeutung erlangen.

Die Beziehungen der im Most und Wein vorkommenden **organischen Säuren** zur Mostgärung sind bereits auf S. 424 erörtert worden. Was das Verhalten anderer Säuren dieser Art anbelangt, so sei zunächst erwähnt, daß die Ameisensäure als starkes Pilzgift schon in kleinen Mengen verzögernd auf den Verlauf der Weingärung einwirkt. Nach Seifert (1) unterdrückt sie in Most und Wein bei einer Verdünnung von 1—1,5 Proz. jegliche Entwicklung von Gärungsorganismen. An Stelle der schwefligen Säure kann sie bei der Weinbehandlung jedoch nicht Verwendung finden, weil sie den Wein schon in einer Menge von ein Promille geschmacklich deutlich benachteiligt. Für den Kellereibetrieb hat sie auch deswegen keine Bedeutung, weil sie nach der neueren Weingesetzgebung Mosten und Weinen überhaupt nicht zugesetzt werden darf.

Ueber den Einfluß der **Salicylsäure** auf den Verlauf der Weingärung gibt eine Reihe älterer Untersuchungen von Bersch und

Weigert (1), J. Bersch (1), Ambühl (1), F. von Heyden (1) und anderen einigen Aufschluß. Danach erschwert schon ein Zusatz von 0,01 bis 0,02 Proz. Salicylsäure die Vergärung von Traubenmosten beträchtlich. Eine Erhöhung dieser Säuremenge auf das Zehn- bis Zwanzigfache soll ausreichend sein, die Gärung völlig zu unterdrücken, doch ist nach 5 Windisch (1) wahrgenommen worden, daß sich die Salicylsäure im Most nach und nach zersetzt und ihre gärungshemmende Eigenschaft verliert. Der Salicylsäure-Zusatz muß daher von Zeit zu Zeit erneuert werden, wenn die Moste dauernd steril bleiben sollen. Für die heutige Technik der Weinbereitung sind diese Beobachtungen über die gärungshemmende 10 Wirkung der Salicylsäure ebenso wie die neueren, die Lührig und Sartori (1) darüber angestellt haben, nur noch insofern von Interesse, als nach den Untersuchungen von Traphagen und Burke (1), Mastbaum (1), Windisch (6), Utz (1) und anderen in vielen Beerenfrüchten, die zur Weinbereitung dienen, kleine Mengen von Salicylsäure, wahr- 15 scheinlich als Methylester, enthalten sind und sich mithin auch in den zur Vergärung kommenden Säften dieser Fruchtarten vorfinden werden. Man vergleiche hierzu S. 659 des Ersten Bandes. Zur Konservierung von Most oder Wein wird Salicylsäure heute nur noch in ungesetzlicher Weise benutzt, worüber Delle (2) einige Angaben 20 gemacht hat.

§ 106. Die Entstehung des Alkohols, des Glycerins und der Bernsteinsäure bei der Weingärung.

Allgemeines über den Stoffwechsel der Hefenzellen findet man im 13. und 14. Kapitel des Ersten und in § 26 und §§ 85—100 des Vierten 25 Bandes. In den vorhergehenden Paragraphen des vorliegenden Kapitels ist auch über die Nahrungsaufnahme und die Atmung der Hefen bei der Weingärung alles Wesentliche mitgeteilt worden, sodaß an dieser Stelle nur noch einige chemische Umsetzungen zu erörtern sind, die durch die Gärtätigkeit und den übrigen Stoffwechsel der Hefen im Most 30 hervorgerufen werden.

Ueber die Bildung des **Alkohols** und der Kohlensäure bei der Weingärung vergleiche man die Ausführungen auf S. 423 des vorliegenden Bandes, wo bereits angegeben ist, welche Zuckerarten den Hefen in den verschiedenen Fruchtmosten zur Verfügung stehen. Von den beiden 35 Bestandteilen des stets vorhandenen Invertzuckers wird die Dextrose, also die d-Glucose, nach Gayon und Dubourg (1) im Anfang der Gärung meist stärker angegriffen als die d-Fructose. Obwohl sich dieses Verhältnis später umkehrt, zeigen die Moste in der Regel doch während des ganzen Verlaufs der Gärung einen Ueberschuß an Fructose. Nach 40 den Mitteilungen von Cordier (1) soll die Vorliebe für die Glucose bei einer in den spontan gärenden Traubenweinen Nordfrankreichs regelmäßig auftretenden Weinhefe so stark ausgeprägt sein, daß die Fructose während der Hauptgärung überhaupt nur zum Teil vergoren wird und erst später während einer langsamen, störenden Nachgärung völlig aus 45 den Weinen verschwindet. Entgegengesetzt verhalten sich gewisse von Dubourg (1) aus süßen Weißweinen der Sauterne gezüchtete Hefen, die nach den Beobachtungen dieses Forschers in Gemischen von d-Glucose und d-Fructose in erster Linie die letztere vergären. Da sie gegen Alkohol weniger widerstandsfähig sind als die echten Weinhefen, werden 50

sie von diesen im Laufe der Zufallsgärung aber bald unterdrückt. Die Folge davon ist, daß auch in den weißen Sauterne-Weinen trotz der Gegenwart von Hefen, die die d-Fructose bevorzugen, der unvergorene Zuckerrest schließlich vorwiegend aus d-Fructose besteht. Eine Nachprüfung dieser Angaben von Cordier (1) und Dubourg (1) scheint allerdings notwendig. Nur nebenbei sei erwähnt, daß man auf Grund der mitgeteilten Beobachtungen auch versucht hat, nach dem Gehalt der Süßweine an d-Glucose und d-Fructose zu bestimmen, ob diese Weine durch Gärung oder durch Vermischen von Mosten mit Alkohol hergestellt worden sind (vergl. dazu S. 432). Es hat sich aber gezeigt, daß das nicht möglich ist, weil schon manche Traubenmoste mehr d-Fructose als d-Glucose enthalten. In den Fruchtmosten vorhandene oder ihnen zugesetzte Saccharose wird im Verlauf der Weingärung außerordentlich schnell in den gärfähigen Invertzucker umgewandelt, was vorzugsweise auf die Wirkung der in den Hefen entstehenden Invertase und nur zum kleinsten Teil auf den Einfluß der freien Säuren des Mostes zurückzuführen ist. Zur Bildung dieses Enzymes sind alle echten Weinhefen befähigt; da diese in allen Mosten vorhanden sind, ist es praktisch ohne große Bedeutung, daß in den Mosten auch Hefen auftreten können, die Invertase nicht erzeugen. Es soll das unter anderem der Fall sein bei den weiter oben bereits erwähnten Hefen, die nach den Angaben von Dubourg (1) die Gärung der zuckerreichen Weißweinmoste der Sauterne einleiten, gilt aber auch für einzelne Rassen des *Saccharomyces apiculatus*, der in der Trubflora der Obst- und Traubenmoste nie fehlt. Klöcker (1) hat in letzter Zeit allerdings nachgewiesen, daß auch bei den Formen von *S. apiculatus* invertierende Enzyme häufiger vorkommen, als man bisher angenommen hat. Die Inversion der Saccharose erfolgt in den gärenden Mosten nach den Untersuchungen von B. Haas (2) und Omeis (1) so schnell, daß sie meist schon zur Zeit der stürmischen Gärung ganz zu Ende geführt ist. Die in den Trauben- und Obstsäften in geringen Mengen enthaltenen Pentosen werden von den Weinhefen nicht vergoren, wie sich aus den Untersuchungen von Weiwers (1) und auch aus den auf S. 397 des Vierten Bandes mitgeteilten Tatsachen ergibt. Offenbar entstehen die Pentosen der Fruchtmoste aus Pektinstoffen und Pentosanen, die sich beide augenscheinlich in sämtlichen zur Weinbereitung dienenden Fruchtarten vorfinden. Man vergleiche damit die Angaben in § 77 des Dritten Bandes; auch sei auf die Untersuchungen von Comboni (1) und Wittmann (1) verwiesen, die über die Höhe des Pentosangehaltes in Weinbeeren und Obstfrüchten Aufschluß geben. Die Pentosen der Traubensäfte bestehen nach Weiwers (1) vorzugsweise aus l-Arabinose, was Haid (1) neuerdings jedoch stark in Zweifel gezogen hat. Methylpentosen kommen in Traubenmosten und Traubenweinen nicht vor. Ueber die bei der Weingärung entstehende Alkohol-Ausbeute und den durch die Hefentätigkeit zu erzielenden Alkohol-Höchstgehalt der Weine sind auf S. 423 u. 432 des vorliegenden Bandes bereits nähere Angaben gemacht worden.

Auf die Nebenerzeugnisse der Alkoholgärung, die in den §§ 86—88 des Vierten Bandes bereits eingehend besprochen sind, kann an dieser Stelle nur kurz eingegangen werden. Im Wein mit seinem feineren Geschmacks-Ton machen sich die in Frage kommenden Verbindungen zum Teil recht deutlich bemerkbar und sind da in höherem Grade wertbestimmend als beim Bier. So gibt schon das erste hier zu nennende

Stoffwechselerzeugnis der Hefen, das **Glycerin**, im Geschmack des Weines sich deutlich zu erkennen. Es verleiht ihm eine gewisse Abrundung und Vollmundigkeit und ist deshalb auch für die Wertbemessung der Weine von ziemlicher Bedeutung. Ueber seine Entstehungsweise und die Mengen, in denen es im Weine aufzutreten pflegt, ist schon im 5 § 86 des Vierten Bandes einiges mitgeteilt worden, wozu hier vorerst noch bemerkt sei, daß die meisten Angaben, die sich auf die Glycerinbildung im Wein beziehen, wegen der Ungenauigkeit der analytischen Verfahren nur einen bedingten Anspruch auf Richtigkeit haben. Man vergleiche damit die Ausführungen von Windisch (2) und C. von der 10 Heide (1).

Unter demselben Vorbehalt sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Glycerinbildung nach den Untersuchungen von Müller-Thurgau (1, 3, 4), Wortmann (2 u. 5) und Laborde (2) mit der Spaltung des Zuckers und der Gärkraft der Hefen in keinem inneren Zusammenhange steht, aber 15 abhängig ist von anderen nicht näher bekannten Rassen-Eigentümlichkeiten und besonders von den Ernährungs- und Wachstums-Verhältnissen der Hefen. Auf den letztgenannten Umstand hat Müller-Thurgau (1, 3, 4) zuerst aufmerksam gemacht. Nach seinen Beobachtungen erzeugen die Hefen unter günstigen Lebensbedingungen, wie bei ausreichender Ver- 20 sorgung mit mineralischen Nährstoffen und leicht assimilierbaren Stickstoff-Verbindungen, bei geeigneter Temperatur und Sauerstoffzufuhr in der Regel mehr Glycerin als unter ungünstigen Lebensverhältnissen. Andere Untersuchungen haben diese Angaben bestätigt. So hat Kulisch (5) gefunden, daß mit zunehmendem Stickstoffgehalt der Moste auch der 25 Glyceringehalt der Weine steigt. Letzteres ist nach Mach und Portele (2) und Kulisch (5) auch der Fall, wenn die Moste zu Beginn der Gärung gelüftet werden. Thylmann und Hilger (1) sowie Rau (1) haben allerdings berichtet, daß sich die Glycerinbildung durch Lüftung des Gärstoffes nicht beeinflussen läßt, was sich vielleicht dadurch erklären dürfte, daß 30 diese Forscher zum Teil mit künstlichen Nährlösungen gearbeitet haben, in denen die Hefen nicht die besten Ernährungsbedingungen vorfinden. Die Untersuchungen von Kulisch (5), Laborde (2) und von Seifert und Reisch (1) lassen ferner darauf schließen, daß die Glycerinbildung in Mosten von mittlerem, nicht zu niedrigem Zuckergehalt am günstigsten 35 verläuft. Die einschlägigen Versuche von Windisch (2) haben zu einem eindeutigen Ergebnis nicht geführt. Gesetzmäßige Beziehungen zwischen dem vergorenen Zucker und dem entstandenen Glycerin haben sich in keinem Falle feststellen lassen, wie auf S. 381 des Vierten Bandes schon erwähnt ist. Nachgetragen sei hierzu noch, daß nach Ehrlich (2) und 40 Pringsheim (2) die Glycerinbildung bei der alkoholischen Gärung vielleicht auf ähnlichen Vorgängen beruhen dürfte, wie die später zu besprechende Bildung der Bernsteinsäure und der Fuselöle. Der Rohstoff für das Glycerin wäre danach unter den Eiweißspaltungsprodukten zu suchen, die von den Hefen während der Gärung aus- 45 geschieden werden.

Hefengifte, die den Verlauf der Mostgärung hemmen, schwächen auch die Glycerinbildung. Diese Wirkung hat Barth (2) zuerst für die Essigsäure erwiesen, was Kulisch (5) später bestätigt und durch den Nachweis ergänzt hat, daß die schweflige Säure und der Alkohol die 50 Entstehung des Glycerins gleichfalls ungünstig beeinflussen. Ebenso verhält sich nach Weigert (1) die Salicylsäure. Nach den Beobachtungen von Kulisch (5) und Laborde (2) zeigt sich die Glycerinbildung im Wein

auch beeinträchtigt, wenn die Moste bei zu niedriger Temperatur vergären, wobei auf S. 378 des Vierten Bandes verwiesen sei.

Was den zeitlichen Verlauf der Glycerinbildung anbelangt, so sei zu dem auf S. 379 des Vierten Bandes Gesagten noch nach-
5 getragen, daß die dort besprochenen Beobachtungen von EFFRONT (1) und ähnlich lautende Angaben von MACH und PORTELE (2) durch die späteren Untersuchungen von LABORDE (2), SEIFERT und REISCH (1), sowie REISCH (1) nicht bestätigt worden sind. Aus den Arbeiten dieser Forscher ist zu entnehmen, daß die Abscheidung des Glycerins vorzugsweise in
10 den ersten Abschnitten der Gärung vor sich geht. Etwa zur Zeit der stärksten Kohlensäure-Entwicklung erreicht sie ihren Höhepunkt, wird dann nach und nach wieder schwächer und erlischt am Schluß der Gärung völlig.

Ueber das Verhältnis, in dem das bei der Weingärung gebildete
15 Glycerin zum Alkohol steht, sind auf S. 378 bis 380 des Vierten Bandes bereits mehrere Zahlen angeführt, aus denen ersichtlich ist, daß ein festes Mengenverhältnis zwischen diesen beiden Weinbestandteilen nicht besteht. Die frühere Annahme der analytischen Chemiker, daß im Wein auf 100 Teile Alkohol 7—14 Teile Glycerin gebildet werden, hat sich
20 als unberechtigt erwiesen, da in vielen Weinen weniger als 7 Teile Glycerin auf 100 Teile Alkohol enthalten sind und andererseits in manchen Naturweinen, und zwar gerade in den sogen. Hochgewächsen und in Auslesen aus edelfaulen Trauben, auch schon mehr als 14 Teile Glycerin auf 100 Teile Alkohol gefunden worden sind, wie unter anderem die
25 Angaben von LABORDE (3) und WINDISCH (2) zeigen. Für die Beurteilung der Weine hat das sogen. Alkohol-Glycerin-Verhältnis daher keinen Wert. Näheres darüber findet man in den Arbeiten von WORTMANN (1, 2, 5), MÜLLER-THURGAU (1, 3, 4), BEHRENS (3), WINDISCH (2), MATHIEU (4) und LOJODICE (1). Nach SEIFERT und HAID (1) verschiebt sich das Alkohol-
30 Glycerin-Verhältnis namentlich bei der Umgärung von Weinen leicht nach unten, weil unter der störenden Wirkung des Alkohols die Mengen des neugebildeten Glycerins kleiner sind als bei der Vergärung von Mosten.

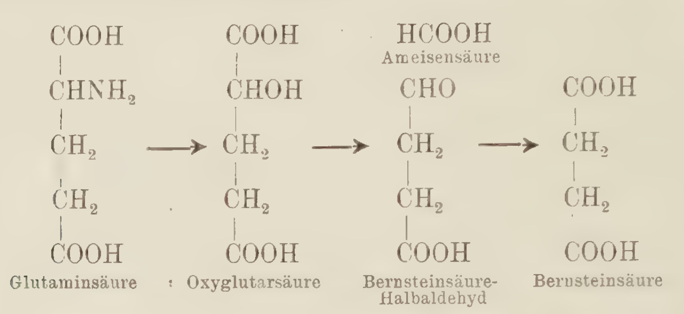
Das Auftreten von Isobutylenglycol im Weine, auf das auf
35 S. 381 des Vierten Bandes hingewiesen ist, hat für die Praxis der Weinbereitung keine Bedeutung, auch ist es noch fraglich, ob dieser Körper als Gärungserzeugnis angesehen werden darf.

Wichtiger ist die an derselben Stelle bereits erwähnte Tatsache, daß bei der Weingärung wie bei jeder alkoholischen Gärung neben den
40 bisher genannten Verbindungen auch kleine Mengen von **Bernsteinsäure** entstehen. Nach den Untersuchungen von BRUNNER und BRANDENBURG (1) sowie von BRUNNER und CHUARD (1) können Spuren dieser Säure zwar schon in den unvergorenen Zellsäften von unreifen Weintrauben und einzelnen anderen Obstarten vorhanden sein, der Hauptanteil der im
45 Wein enthaltenen Bernsteinsäure bildet sich aber erst während der Gärung. Aus einer Reihe von Untersuchungen geht hervor, daß die dabei entstehenden Mengen von Bernsteinsäure sehr verschieden groß sind, doch ist es bisher nicht möglich gewesen, die Ursachen dieser Schwankungen sicher zu ermitteln. Zum Teil beruht das auf der Un-
50 genauigkeit der älteren analytischen Verfahren, deren Fehlerquellen u. a. die Arbeiten von C. VON DER HEIDE und STEINER (1) sowie von C. VON DER HEIDE und SCHWENK (1) aufgedeckt haben. Aus diesem Grunde sind auch die älteren Angaben über den Bernsteinsäure-Gehalt der

Weine, wie sie sich z. B. in den Arbeiten von RAU (1) und R. KAYSER (1) vorfinden, wenig zuverlässig. Selbst die Bestimmungen von KUNZ (1), der nach einem verbesserten Verfahren in 25 verschiedenen österreichischen Weinen Bernsteinsäure-Mengen von 0,06—0,115 Proz. ermittelt hat, können nach den Untersuchungen von C. VON DER HEIDE und STEINER (1) wegen einzelner Mängel seiner Untersuchungsart nicht als sicher angesehen werden. C. VON DER HEIDE und STEINER (1) haben mit Hilfe eines neuen, sehr genauen Verfahrens den Bernsteinsäure-Gehalt eines Natur-Moselweins zu 0,0645 Proz. festgestellt. Jedenfalls kann bei der Weingärung aber auch bedeutend weniger Bernsteinsäure entstehen. So hat BECKER (1) durch Bestimmungen, die nach den Vorschriften von C. VON DER HEIDE ausgeführt wurden, nachgewiesen, daß in den frischvergorenen Obst- und Beerenweinen von Großkeltereien häufig nur Mengen von 0,001—0,011 Proz., in einzelnen Fällen sogar nur Spuren von Bernsteinsäure vorkommen. Allerdings beziehen sich diese Angaben auf Weine, bei deren Herstellung die Mitwirkung von Bakterien und anderen Gärungsschädlingen nicht ausgeschlossen war. Daß der Gehalt an Bernsteinsäure in Obst- und Beerenweinen auch größer sein kann, zeigt die Tatsache, daß BECKER (1) in einem süßen Stachelbeerwein schon 14 Tage nach Beginn der Gärung 0,064 Proz. dieser Säure nachweisen konnte.

Die Abhängigkeit der Bernsteinsäure-Bildung von äußeren Bedingungen ist auf S. 381 des Vierten Bandes auf Grund der Untersuchungen, die beim Abschluß jenes Bandes vorlagen, bereits ausführlich besprochen. Die betreffenden Arbeiten berücksichtigen zwar nur die Verhältnisse in künstlichen Nährlösungen und in Würze, haben aber auch für die Weinbereitung einige Bedeutung. Ihre Ergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen, daß bei der Entstehung der Bernsteinsäure die Rasse der Hefen, die Menge und die Beschaffenheit der Hefennährstoffe, die Konzentration der Gärflüssigkeit, die Geschwindigkeit und Verlaufsstufe der Gärung, die Temperatur und die Luftzufuhr eine bedeutende Rolle spielen, daß aber zahlenmäßige Beziehungen zwischen der Menge der auftretenden Bernsteinsäure und den Mengen des entstehenden Alkohols und Glycerins vollkommen fehlen. Im Gegensatz zu PASTEUR (1) haben deshalb schon WORTMANN (1), RAU (1), STRAUB (1) und OPPENHEIMER (1) angenommen, daß die Bernsteinsäure ebenso wie das Glycerin ein reines Stoffwechselerzeugnis der Hefen ist, dessen Auftreten bei der Gärung mit der eigentlichen Zuckerspaltung nichts zu tun hat. Daß diese Vermutung richtig gewesen ist, hat F. EHRLICH (1) nachgewiesen. Wie seine Untersuchungen gezeigt haben, gehört die Bernsteinsäure zu den Eiweiß-Stoffwechsel-Produkten der Hefe. Ihre Muttersubstanz ist die Glutaminsäure, eine Aminodicarbonsäure, die in den natürlichen Gärflüssigkeiten wie im Zellkörper der Hefe enthalten ist und aus dem letzteren mit anderen Aminosäuren in die umgebende Flüssigkeit austritt, wenn die Zellen geschwächt werden und absterben. Die in der Gärflüssigkeit gelöste Glutaminsäure wird von den wachsenden Hefenzellen aufgenommen und zum Eiweißaufbau verwendet. Dieser Assimilationsvorgang verläuft nach EHRLICH nun aber nicht in der Weise, daß das ganze Molekül der Aminosäure an das vorhandene Eiweiß der Hefe angelagert wird, sondern es tritt eine Spaltung der Glutaminsäure in Ammoniak und einen stickstofflosen Komplex ein, der als Stoffwechsel-Endprodukt die Hefenzelle verläßt, während das Ammoniak zusammen mit Bruchstücken des Zuckers von der Hefe zu Körpereiweiß aufgebaut

wird. Den chemischen Verlauf der Bernsteinsäure-Bildung kann man sich mit Ehrlich so vorstellen, daß durch die Einwirkung der Hefen aus der Glutaminsäure unter Abspaltung von Ammoniak und Anlagerung von Wasser zunächst Oxyglutarsäure gebildet wird. Diese zerfällt vermutlich in Ameisensäure und den Halbaldehyd der Bernsteinsäure, der, intermediär auftretend, durch die Einwirkung der Hefenoxydasen und des Luftsauerstoffs sofort restlos zu Bernsteinsäure oxydiert wird. Der Verlauf der Glutaminsäure-Spaltung würde sich danach durch folgendes Schema darstellen lassen:



Für diesen Reaktionsverlauf spricht vielleicht auch die Tatsache, daß man im Wein wiederholt Spuren von Ameisensäure nachgewiesen hat, worauf später noch zurückzukommen sein wird. Daß die Ameisensäure nur in sehr kleinen Mengen im Weine auftritt, erklären vielleicht die Beobachtungen von Duclaux (2) und Ehrlich (1), nach denen die Hefe imstande ist, bei der Gärung nicht unbeträchtliche Mengen zugesetzter Ameisensäure zu zerlegen, und zwar wahrscheinlich in Kohlensäure und Wasser. Es wäre möglich, daß die Hefen auch die bei der Vergärung der Aminosäuren sich nach und nach abspaltende Ameisensäure in dieser Weise abbauen.

Mit Ehrlich (1) kann man annehmen, daß die Hefe nur bei Gegenwart von Zucker fähig ist, Glutaminsäure zu Bernsteinsäure zu vergären. Bei seinen Versuchen erzeugten 100 g Hefe in einer zuckerfreien Lösung von 5 g Glutaminsäure auf 2 Liter Wasser innerhalb vier Wochen nur 0,05 g Bernsteinsäure. Wurden derselben Lösung aber 200 g Zucker zugesetzt, so entstanden darin unter Einwirkung von 100 g Hefe schon im Verlauf von drei Tagen 2,03 g Bernsteinsäure. Diese Beobachtung läßt darauf schließen, daß die Hauptmenge der Bernsteinsäure, wie das auch bei dem Glycerin der Fall zu sein scheint, während der stürmischen Gärung erzeugt wird, d. h. zu einer Zeit, in welcher die Hefen im Wachstum und in lebhafter Gärtätigkeit begriffen sind.

Für die Weinbereitung von Bedeutung ist auch der Nachweis von Ehrlich (1), daß die Menge der Gärungs-Bernsteinsäure von der Art der gebotenen Stickstoff-Verbindungen abhängig ist. Sind in der Gärflüssigkeit neben Glutaminsäure andere leicht assimilierbare Stickstoffkörper, wie z. B. Asparagin oder Ammoniumsalze, zugegen, dann wird stets bedeutend weniger Bernsteinsäure gebildet, als wenn die Hefe auf Glutaminsäure allein angewiesen ist. Offenbar bevorzugen die Hefen diese Stoffe und lassen deshalb die Aminosäuren so gut wie unberührt, wenn ihnen Ammoniumsalze oder Verbindungen mit leichter abspaltbarem Stickstoff in hinreichender Menge zur Verfügung stehen. Da nun die Moste der verschiedenen Obst- und Traubensorten in bezug auf Menge

und Zusammensetzung ihrer Stickstoff-Verbindungen große Verschiedenheiten aufweisen, ist es sehr wahrscheinlich, daß auch die auffallenden Schwankungen, die der Bernsteinsäure-Gehalt der Weine zu zeigen pflegt, zum Teil auf Abweichungen bei der Stickstoff-Versorgung der Hefen zurückzuführen sind. Auf einige weitere Erscheinungen der Bernstein- 5 säure-Bildung wird bei der Besprechung der Umgärungen und des Säurerückgangs der Weine hinzuweisen sein.

Die **Milchsäure**, die bei der zellfreien Gärung des Zuckers wiederholt beobachtet wurde, ist zwar ein regelmäßiger Bestandteil des Weines, entsteht in diesem aber nicht durch die Tätigkeit der Hefen, sondern 10 wohl ausschließlich durch Bakteriengärung, wie im § 109 und im folgenden Kapitel näher zu erörtern sein wird. Die entgegenstehende Angabe von MEISSNER (5), wonach Weinhefen ebenso wie Apiculatus-Hefen und Schimmelpilze aus Aepfelsäure, Bernsteinsäure, Weinsäure und Citronensäure nicht unbeträchtliche Mengen von Milchsäure zu bilden vermögen, 15 ist nach SEIFERT (6) wegen der Schwierigkeit der Milchsäure-Bestimmungen nicht sicher begründet. Bei Versuchen von SEIFERT (6) hat sich eine derartige Bildung von Milchsäure durch Weinhefen in keinem Falle nachweisen lassen. In Uebereinstimmung damit stehen die neueren Beobachtungen von SLATOR (1) und BUCHNER und MEISENHEIMER (1), bei 20 denen festgestellt worden ist, daß lebende Hefen nicht imstande sind, bei der Gärung Milchsäure zu erzeugen. BUCHNER und MEISENHEIMER (1) sehen infolgedessen die Milchsäure auch nicht mehr als Zwischenprodukt der alkoholischen Gärung an und haben dementsprechend auch die Existenz einer Lactacidase (vergl. Bd. IV, S. 353) aufgegeben. 25

§ 107. Das Auftreten flüchtiger Säuren und Aldehyde.

Wie in § 87 des Vierten Bandes angegeben ist, erzeugen die Hefen bei der Gärung neben den sogen. festen (nicht-flüchtigen) Säuren in geringem Maße auch **flüchtige Fettsäuren**. Für die Weinbereitung ist dieser Vorgang von erhöhter Bedeutung, weil gerade diese Stoffe die 30 Güte des Weines stark beeinflussen und schon in verhältnismäßig geringer Menge seinen Geschmack so verändern, daß der Wein fast wertlos wird. Wenn solche Mengen von flüchtiger Säure auftreten, sind sie allerdings fast ausnahmslos das Ergebnis von Bakterien-Gärungen, wie sie im nächsten Kapitel zu besprechen sein werden. Spuren von flüch- 35 tiger Säure enthalten schon die unvergorenen Moste, was BÉCHAMP (1) zuerst beobachtet und WINDISCH (2) später bestätigt hat. Da nach ERLENMEYER (1) A m e i s e n s ä u r e in unreifen Trauben vorkommt und nach BERGMANN (1) wie die Essigsäure ein allgemein nachweisbares Stoffwechsel-Erzeugnis grüner Pflanzenteile ist, so sind diese Befunde 40 nicht unwahrscheinlich, obwohl berücksichtigt werden muß, daß auch in scheinbar unveränderten frischen Mosten ebenso wie in verletzten, noch am Stock hängenden Trauben bereits Essigsäure-Bakterien tätig sein können. In gesunden Weinen schwankt der G e h a l t a n f l ü c h t i g e r S ä u r e nach C. VON DER HEIDE und E. SCHWENK (2) in der Regel 45 zwischen 0,01—0,04 g auf 100 ccm. MÜLLER-THURGAU (11) hat beobachtet, daß die Weinhefe *Steinberg 1* der Wädenswiler Sammlung bei der Vergärung reiner Trauben- und Birnmoste 0,047—0,053 Proz. flüchtige Säure bildet, und in guter Uebereinstimmung damit geben SEIFERT und REISCH (2) an, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen bei der Wein- 50

gärung nicht mehr als 0,06 Proz. flüchtige Säure durch Hefentätigkeit entstehen. Auf Ausnahmen von dieser Regel wird später einzugehen sein.

In der analytischen Praxis werden die flüchtigen Säuren des Weines 5 nach ihrem Hauptbestandteil als Essigsäure berechnet. Neben dieser sind unter den flüchtigen Säuren noch Ameisensäure, Propionsäure, Buttersäure und deren höhere Homologe vorhanden. Ferner werden als flüchtige Säure mitbestimmt die in keinem Wein fehlende schweflige Säure und vielleicht auch Spuren von Milchsäure. Einzelbeobachtungen über 10 das Vorkommen der genannten Fettsäuren in Most und Wein sind im § 87 des Vierten Bandes mitgeteilt, wozu noch nachgetragen sei, daß nach Windisch (7) fast alle Fettsäuren von der Ameisensäure bis zur Caprinsäure, ja in Spuren selbst deren höhere Homologe bis hinauf zur Palmitinsäure im Wein ermittelt worden sind. Es beweist das allerdings 15 noch nicht, daß die Hefen derartige Verbindungen erzeugen, da sich diese Befunde ausschließlich auf gewöhnliche Weine beziehen, die nicht das reine Ergebnis des Hefen-Stoffwechsels darstellen, sondern auch die Gärungserzeugnisse anderer Organismen enthalten.

Die Einwirkung der Gärungsbedingungen auf die Entstehung dieser 20 Säuren ist nur zum Teil geklärt. Aus den Untersuchungen von Kayser (7), Reisch (2), Osterwalder (1) und Meissner (5) geht hervor, daß die Menge der von den Weinhefen gebildeten flüchtigen Säuren bei den einzelnen Rassen verschieden groß ist. Von der Gärkraft der Hefen ist sie offenbar nicht abhängig. Reisch (2) hat bei einer Prüfung von 25 drei Reinhefen zwar die Wahrnehmung gemacht, daß die gärkräftigste dieser Rassen die meiste flüchtige Säure bildet, doch ist andererseits von Osterwalder (1) festgestellt worden, daß die gärschwachen Hefen in dieser Eigenschaft nicht in allen Fällen hinter den gärkräftigen Rassen zurückstehen. Der Einfluß der Temperatur scheint sich bei 30 Südweinhefen in anderer Weise geltend zu machen als bei Hefen aus nördlichen Weinbaugebieten. Bei Untersuchungen von Kayser (7) bildete eine Südweinhefe bei 35° C mehr flüchtige Säure als bei 25° C, während sich eine Hefe aus der Champagne gerade umgekehrt verhielt. Vermehrung der Säurebildung bei höherer Temperatur haben auch Roos 35 und Chabert (1) bei einer südfranzösischen Hefe, sowie Seifert (7) bei einer Tokayer Hefe festgestellt. Dagegen lieferte eine von Seifert (7) geprüfte Moselhefe *Piesport* bei höheren Temperaturen weniger flüchtige Säure als bei tieferen. Da die Gärtätigkeit bei Warm- und Kalthefen durch die Temperatur in verschiedener Weise beeinflußt wird, läge es 40 nahe, aus diesen Beobachtungen einen Zusammenhang zwischen der Gärungsenergie und der Ergiebigkeit der Säurebildung abzuleiten, doch bedarf auch diese Vermutung noch einer gründlichen Prüfung. Daß Luftzufuhr die Entstehung flüchtiger Säuren während der Gärung begünstigt, ist nach den auf S. 384 des Vierten Bandes erwähnten Unter- 45 suchungen von Straub (1) und den neueren Beobachtungen von Osterwalder (1) anzunehmen. Sicher steht die Bildung der flüchtigen Säuren in Beziehungen zum Zuckergehalt der Moste. Wie R. von der Heide (1) in Bestätigung einiger Angaben von Thylmann und Hilger (1) sowie von Kayser und Barba (2) nachgewiesen hat, erhöht sich die Menge der 50 von den Hefen gebildeten flüchtigen Säuren mit zunehmendem Zuckergehalt der Moste. Dabei kann der Gehalt der Weine an flüchtigen Säuren entsprechend den im Moste vorhandenen Zuckermengen weit über das gewöhnliche Maß ansteigen. Bei einem Versuch von R. von

DER HEIDE (1) erzeugte die gärkräftige Weinhefe *Oppenheimer Kreuz* in einer Reihe von Mosten, die sich durch wechselnden Zuckergehalt voneinander unterschieden, sonst aber in jeder Beziehung dieselbe Zusammensetzung zeigten, nachstehende Mengen von flüchtiger Säure:

Zuckergehalt des Mostes: g in 100 ccm	6,82	13,49	20,52	26,86	33,21	37,88	45,49
Gehalt des Weines an flüchtiger Säure: g in 100 ccm	0,020	0,024	0,044	0,062	0,097	0,150	0,250.

C. VON DER HEIDE (3) ist bei einer Nachprüfung dieser Angaben zu den gleichen Ergebnissen gelangt. Die Menge der flüchtigen Säuren stieg in seinen Versuchsmosten bei Anwendung der Moselhefe *Winningen* bis auf 3,39 Promille, entsprechend einem ursprünglichen Zuckergehalt von 48,81 Prozent. Nach KAYSER (7) soll sich die flüchtige Säure bei Zunahme der im Most enthaltenen nicht-flüchtigen Säuren ebenfalls vermehren, und zwar unter der Einwirkung von Weinsäure in stärkerem Grade als bei Gegenwart von Aepfelsäure. Bei der von SEIFERT (7) untersuchten Moselhefe *Piesport* macht sich ein wesentlicher Einfluß des Aepfelsäure- und Weinsäure-Gehaltes der Moste auf die Bildung der flüchtigen Säure aber nicht bemerkbar. In Mosten, die vor der Gärung mit Essigsäure versetzt wurden, ist die Neubildung von flüchtiger Säure nach REISCH (2) sogar schwächer als in gewöhnlichen Mosten. Die Gegenwart von Alkohol im Gärstoff hat auf die Entstehung der flüchtigen Säuren keinen nennenswerten Einfluß, wenigstens nicht, wenn seine Menge sich in den Grenzen von 1—8 Proz. bewegt. Nachgewiesen ist diese Tatsache von REISCH (2) bei der Vergärung von Mosten, die vor der Hefenaussaat Zusätze von 1,0—8,2 Maßprozenten Alkohol erhalten hatten, sowie von C. VON DER HEIDE und E. SCHWENK (2) bei der Umgärung von pasteurisierten Weinen. Wenn im Gärstoff neben dem Alkoholgehalt auch die Zuckerkonzentration so abgestuft wird, daß bei der Gärung Weine von annähernd gleichem Alkoholgehalt entstehen, dann scheint mit der Erhöhung des anfänglichen Alkoholgehaltes die Erzeugung flüchtiger Säure unter Umständen allerdings etwas zurückzugehen, wie folgende von C. VON DER HEIDE und E. SCHWENK (2) ermittelte Zahlen beweisen:

	In 100 ccm sind enthalten g			
Anfänglicher Alhoholgehalt des Gärstoffes (Pasteurisierter und gezuckerter Wein)	3,00	4,00	5,00	6,00
Alkoholgehalt des Weines nach der Umgärung	10,44	10,52	10,81	10,96
Gehalt des Weines an flüchtiger Säure nach der Umgärung	0,051	0,052	0,048	0,040

Daß in derartigen Fällen aber die geringe Verminderung der flüchtigen Säure nicht mit dem Anfangsgehalt des Gärstoffes an Alkohol, sondern mit der Größe des Zuckerumsatzes zusammenhängt, zeigt ein Vergleich der neugebildeten Mengen Alkohol mit den neugebildeten Mengen flüchtiger Säure. C. VON DER HEIDE und E. SCHWENK (2) sind bei einer derartigen Gegenüberstellung unter anderem zu folgenden Ergebnissen gekommen:

Neubildung von Alkohol: g in 100 ccm	1	2,7	3,2	4,6	5,0	6,5	7,1
Neubildung von flüchtiger Säure: g in 100 ccm	0,016	0,022	0,025	0,029	0,030	0,042	0,044

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß in dem Maße, als Alkohol neu gebildet wird, auch die flüchtige Säure zunimmt. Die Steigerung des Säuregehalts ist jedoch der Alkoholvermehrung nicht proportional.

Die Beziehungen zwischen dem Auftreten der flüchtigen Säuren und den einzelnen Gärungsstufen hat REISCH (2) untersucht. Nach seinen Beobachtungen erzeugen die Hefen nur Spuren von flüchtiger Säure, solange sich die Gärung noch im Anfangsstadium befindet und 5 zur Bildung nennenswerter Mengen von Alkohol noch nicht geführt hat. Mit Beginn der stürmischen Gärung vermehrt sich der Gehalt der Moste an flüchtiger Säure jedoch ungemein rasch und erreicht bald eine Höhe, die im späteren Verlauf der Gärung nicht mehr überschritten wird. Bei den Versuchen von REISCH (2) trat dieser Augenblick schon ein, wenn 10 etwa die Hälfte des im Most vorhandenen Zuckers vergoren war. Nach diesen Beobachtungen muß also angenommen werden, daß die während der alkoholischen Gärung entstehende flüchtige Säure zur Zeit der lebhaftesten Hefentätigkeit gebildet wird. OSTERWALDER (1) hat aber nachgewiesen, daß durch die Arbeit von Hefen auch nach Abschluß der 15 Gärung noch beträchtliche Mengen von flüchtiger Säure erzeugt werden können, wenn die vergorenen Weine bei Luftzutritt noch einige Zeit auf der Bodensatzhefe liegen bleiben. Unter solchen Verhältnissen beginnt, wie offenbar schon BEHRENS (4) beobachtet hat, auf und in dem Bodensatze erneutes Hefenwachstum, in dessen Verlauf sich auf dem 20 alten Trub flockige oder glatte Schichten von neuer Hefe ablagern. Gleichzeitig macht sich in solchen Jungweinen eine starke Vermehrung der flüchtigen Säure bemerkbar, wie sie während der Gärung unter gewöhnlichen Bedingungen nie zu beobachten ist. Der Zuwachs an flüchtiger Säure ist bei den einzelnen Hefen verschieden groß. Während 25 er bei der zum Typus des *Saccharomyces ellipsoideus* gehörenden Rasse *Dezaley 2* den Gehalt des Weines an flüchtiger Säure im Laufe von etwa vier Monaten auf 1,7 Promille erhöht, ist er bei der Rasse *Chardonnay 1*, die zum Typus des *Saccharomyces Pastorianus* gehört, so niedrig, daß er sich analytisch kaum nachweisen läßt. Durch diese Feststellungen 30 von OSTERWALDER (1) erklärt sich auch die auf S. 384 des Vierten Bandes erwähnte Angabe von BIOURGE (1), wonach bei der alkoholischen Gärung die flüchtige Säure besonders dann zunimmt, wenn die vollständig vergorene Flüssigkeit noch längere Zeit aufbewahrt wird. Dagegen ist es fraglich, ob eine gleichlautende Mitteilung von DUCLAUX (3) sich auf die 35 Beobachtung von Vorgängen bezieht, wie sie OSTERWALDER (1) beschrieben hat. Eher dürfte das der Fall sein bei der Säurebildung, die MEISSNER (5) in zucker- und alkoholfreien künstlichen Nährlösungen und zuckerfreien Weinen durch Weinhefen erzielt hat. Während OSTERWALDER (1) darauf hingewiesen hat, daß ein Abbau der nicht-flüchtigen Säuren bei der 40 durch Hefen bewirkten Bildung der flüchtigen Säuren nach seinen Beobachtungen nicht in Frage kommt, behauptet MEISSNER (5), daß die Entstehung der flüchtigen Säuren gerade auf diesem Wege erfolgt. Nach seiner Auffassung sollen die Hefen imstande sein, Aepfelsäure, Bernsteinsäure, Weinsäure und Citronensäure so zu zersetzen, daß unter den Abbau- 45 erzeugnissen neben flüchtiger Säure auch Milchsäure auftritt. Diese letztere soll im Stoffwechsel der wachsenden Hefenzellen zum Teil einer weiteren Zerlegung anheimfallen, bei der gleichfalls flüchtige Säure auftritt. Da die Hefen die nicht-flüchtigen wie die flüchtigen Säuren nach MEISSNER (5) auch völlig „zerstören“ können, soll der im Wein ver- 50 bleibende Säuregehalt die „Resultierende aus der Bildung und Zerstörung nicht-flüchtiger und flüchtiger Säure“ darstellen. Inwieweit diese Folgerungen berechtigt sind, werden weitere Untersuchungen zeigen müssen, wobei der Hinweis von SEIFERT (6) zu beachten sein wird, daß die von

MEISSNER gefundenen Milchsäure-Werte wegen der Ungenauigkeit der Bestimmungsverfahren wenig sicher stehen. Nach OSTERWALDER (1) ist es nicht ausgeschlossen, daß die Hefen mittels Oxydasen auch den Alkohol zu flüchtiger Säure oxydieren. Eine ähnliche Auffassung vertreten auch KAYSER und DEMOLON (1) sowie TRILLAT und SAUTON (1). MEISSNER (5) 5 vermutet auf Grund einer Beobachtung von LINDNER (1) ebenfalls, daß der Alkohol an der Säurebildung im Wein beteiligt ist. Eine einfache Oxydation des Alkohols ohne Mitwirkung der Hefen kommt dabei aber nicht in Frage, sondern ist, wie in neuerer Zeit auch KAYSER und DEMOLON (2) im Gegensatz zu TRILLAT (1) betont haben, für die Bildung 10 der Essigsäure und des Zwischengliedes zwischen dieser Säure und dem Alkohol, des Acetaldehyds, nur von untergeordneter Bedeutung. Daß die auf S. 460 aufgezählten höheren Fettsäuren zweifellos in anderer Weise, nämlich durch Spaltung von Fetten, entstehen, ist auf S. 386 des Vierten Bandes bereits erwähnt worden. 15

Zu den Nebenerzeugnissen der alkoholischen Gärung, die regelmäßig im Wein auftreten, gehören auch die **Aldehyde**. Ob der Formaldehyd in geringen Spuren im normalen Wein vorkommt, wie das FARNSTEINER (1) und MALLMANN (1) vermutet haben, ist noch fraglich, sicher ist aber durch KERP (1) der Acetaldehyd als Bestandteil des Weines 20 nachgewiesen. Seine Menge schwankt in französischen Handelsweinen nach ROESER (1) zwischen 10 und 40 mg, in toskanischen Weinen nach PASSERINI (3) zwischen 10 und 60 mg im Liter. Nach TRILLAT (2) sollen sich zuweilen aber auch bis 200 mg und mehr Acetaldehyd im Weine vorfinden. Schwere Weine und Weißweine enthalten nach PASSERINI (3) 25 mehr Aldehyd als leichte Weine und Rotweine, auch soll nach diesem Forscher der Aldehydgehalt in alten Weinen größer sein als in jungen. Die in den Handelsweinen auftretenden Aldehydmengen verdanken ihre Entstehung allerdings nicht allein der Tätigkeit von Hefen, sondern auch der Mitwirkung anderer Gärungsorganismen, nach PASSERINI (3) 30 besonders der Arbeit von Kahmpilzen und Essigsäure-Bakterien. Bei den Hefen ist die Größe der Aldehydbildung nach ROESER (1) vorzugsweise von der Rasse der Hefe, der Zusammensetzung des Mostes und dem Luftzutritt abhängig, worüber Näheres bereits in den §§ 87 u. 88 des Vierten Bandes gesagt worden ist. PASSERINI (3) gibt an, daß die 35 Menge des im Wein entstehenden Aldehyds bei Gegenwart von Sulfiten, wie sie bei der Sulfitgärung (S. 409 u. 448) den Mosten zugesetzt werden, in erheblichem Maße zunimmt. Während PASSERINI (3) mit der Möglichkeit rechnet, daß die Aldehyde zum Teil durch Oxydation von Alkohol und zum Teil durch Reduktionsvorgänge, der Acetaldehyd also 40 z. B. durch Reduktion der Essigsäure, entstehen, sieht TRILLAT (1) die Erzeugung von Acetaldehyd während der Gärung als eine Nebenreaktion an, welche nur bei Luft-Zutritt erfolgt und an die Gärung selbst nicht gebunden ist. Eine ähnliche Oxydation glauben TRILLAT und SAUTON (1) auch durch Platinmohr, Tierkohle und abgetötete 45 Hefe herbeiführen zu können, wenn sie auch feststellen, daß die Aldehydbildung bei Anwesenheit von lebender Hefe stärker ist als in allen anderen Fällen. KAYSER und DEMOLON (2) behaupten dagegen, daß die Oxydation des Alkohols auf chemischem Wege für die Entstehung des Acetaldehyds im Wein nur untergeordnete Bedeutung hat, und betonen, 50 daß bei ihren Versuchen der Zusatz von abgetöteten Hefen zum Wein auf die Aldehydbildung ohne Einfluß blieb. Nach ihren Beobachtungen soll der Acetaldehyd im Wein fast ausschließlich durch die lebenden

Hefen erzeugt werden, und zwar besonders dann, wenn die völlig vergorenen Moste auf der gebildeten Bodensatzhefe bei Luftzutritt noch einige Zeit liegen bleiben. Gegenüber den vorstehenden Angaben sei noch darauf hingewiesen, daß nach den zum Teil allerdings nicht sicher 5 begründeten Deutungen von SCHADE (1), ASHDOWN und HEWITT (1) sowie KOSTYTSCHEW (1) auch bei der Spaltung des Zuckers intermediär Acetaldehyd gebildet werden könnte. Desgleichen sei daran erinnert, daß nach den Ansichten von EHRLICH (1) Aldehyde verschiedener Zusammensetzung möglicherweise auch aus Aminosäuren hervorgehen.

10 Der Acetaldehyd erleidet im Wein verschiedene Veränderungen. Bereits erwähnt ist die von SCHMITT (1) und RIPPER (1. 2. 3), SEIFERT (8), MACH (2), BARTH (3), CHUARD und JACCARD (1), SCHAFFER und BERTSCHINGER (1), RIETER (1), TRILLAT (3) und insbesondere durch die Untersuchungen von KERP (1) erwiesene Tatsache, daß sich die Aldehyde mit 15 der im Wein enthaltenen schwefligen Säure zu aldehydschwefligen Säuren verbinden. Insoweit der Acetaldehyd diese Verbindung nicht eingeht, zeigt er sich nicht beständig. TRILLAT und SAUTON (1) haben beobachtet, daß Acetaldehyd, den man zu einer mit frischer Hefe versetzten alkoholischen Lösung zugibt, rasch verschwindet, und schließen 20 daraus, daß auch der im Wein entstehende Aldehyd durch die Tätigkeit der lebenden Hefen nach Maßgabe seiner Bildung fortdauernd weitere Umsetzungen erleidet. Auch KAYSER und DEMOLON (1) sehen den Acetaldehyd des Weines nur als eine Uebergangsstufe der Oxydation an. Nach TRILLAT und SAUTON (2) oxydieren die lebenden Hefenzellen den Acet- 25 aldehyd rasch zu Essigsäure, die sich weiter mit dem Alkohol zu Essigsäure-Aethylester verbindet. Zum Teil geht der Aldehyd im Weine nach TRILLAT (2) auch in Acetal, den Aethyliden-Diäthyläther $CH_3CH(OC_2H_5)_2$, über. TRILLAT (2) vermutet, daß sich sowohl der Acetaldehyd wie das Acetal mit dem Rotweinfarbstoff zu unlöslichen Körpern verbinden, zum 30 Teil auch polymerisieren und verharzen und zu der bekannten, als Hochfärbung bezeichneten Bräunung der alten Weißweine beitragen.

Das Furfurol, der Aldehyd der Brenzschleimsäure, den KRUIS und RAÝMAN (1) für ein Stoffwechselprodukt der Hefen angesehen haben, scheint bei der Weingärung nicht aufzutreten. KAYSER und DEMOLON (3) 35 halten es zwar für möglich, daß die Hefen auch diese Verbindung erzeugen. Seitdem aber PASQUERO und CAVAGNARI (1) sowie HAID (1) nachgewiesen haben, daß man bei der Destillation von Naturweinen kein Furfurol erhält, wenn man die Weine vorher neutralisiert, ist diese Vermutung nicht mehr berechtigt. Das in gewöhnlichen Weindestillaten 40 regelmäßig vorkommende Furfurol entsteht erst bei der Destillation der Weine, und zwar jedenfalls durch die Einwirkung der im Wein enthaltenen Säuren auf eine Pentose, deren Natur noch nicht ermittelt ist, die aber nach den Untersuchungen von HAID (1) nicht l-Arabinose sein dürfte. Man vergleiche damit die Ausführungen auf S. 395 des Vierten 45 und S. 454 des vorliegenden Bandes.

§ 108. Die Entstehung höherer Alkohole und der Bouquetstoffe.

Von den Alkoholen, die beim Stoffwechsel der Weinhefen auftreten, braucht der Methyl-Alkohol hier nicht mehr besprochen zu werden, da im § 88 des Vierten Bandes die Beobachtungen über das Vorkommen 50 dieses Alkohols im Wein bereits zusammengestellt sind. Ebensowenig

bedarf nach den Ausführungen im § 106 des vorliegenden Bandes die Bildung des Aethylalkohols einer weiteren Erörterung. Dagegen muß auf die Entstehung der höheren Alkohole, der sogen. **Fuselöle,** etwas näher eingegangen werden. Für die Weinbereitung haben diese Verbindungen große Bedeutung, weil sie an der Bildung des Weinbouquets beteiligt sind. Daß sie sich im Weine stets vorfinden, ist schon aus den Angaben des § 88 des Vierten Bandes zu entnehmen. Von ORDONNEAU (1), CLAUDON und MORIN (1) sowie MORIN (1) sind in Weindestillaten (Cognac) von höheren Alkoholen nachgewiesen worden: primärer Propylalkohol, normaler Butylalkohol, Isobutylalkohol, Amylalkohol, Hexylalkohol und Heptylalkohol. Die Menge der im Wein enthaltenen Fuselöle ist keineswegs gering. In vierzehn von K. WINDISCH (2) untersuchten reinen Weinen betrug sie 0,013—0,055 Maß-Proz., gleich 0,124—0,495 ccm auf 100 ccm wasserfreien Alkohol. SEIFERT (6) fand in einem mit Reinhefe vergorenen Wein unmittelbar nach Abschluß der Gärung 0,009 Maß-Proz. Fuselöl. Nach sechswöchentlicher Lagerung des Weines auf der entstandenen Hefe war die Menge des Fuselöls auf 0,014 Maß-Proz. angewachsen.

Die früheren Ansichten über die Entstehung der Fuselöle sind im § 88 des Vierten Bandes eingehend besprochen. Seit Erscheinen jenes Bandes haben sich unsere Kenntnisse über diesen Vorgang bedeutend erweitert. Die früher ziemlich allgemein vertretene Annahme, daß es im wesentlichen Bakterien seien, die durch eine eigenartige Zuckerspaltung die höheren Alkohole des Fuselöls erzeugen, ist durch die Arbeiten von F. EHRLICH (2—5) als unzutreffend erwiesen worden. Wie EHRLICH (3) zuerst gezeigt und PRINGSHEIM (2) bestätigt hat, sind die Fuselöle Stoffwechselprodukte der Hefen, die beim Eiweißaufbau dieser Pflanzen durch Spaltung der von vornherein im Gärstoff enthaltenen oder durch Selbstverdauung der Hefe gebildeten Aminosäuren entstehen. Die wichtigsten dieser fuselölgebenden Aminosäuren sind das Leucin, das Isoleucin und das Valin. Ihr Zerfall vollzieht sich unter Abspaltung von Ammoniak und Kohlensäure und Wasseranlagerung etwa im Sinne der folgenden Gleichungen:

$$\underset{\text{Leucin}}{(CH_3)_2:CH\cdot CH_2\cdot \overset{*}{C}HNH_2\cdot CO_2H} + H_2O = \underset{\text{Iso-Amylalkohol}}{(CH_3)_2:CH\cdot CH_2\cdot CH_2OH} + NH_3 + CO_2$$

$$\underset{\text{Isoleucin}}{{}^{CH_3}_{C_2H_5}\!\!>\overset{*}{C}H\cdot \overset{*}{C}HNH_2\cdot CO_2H} + H_2O = \underset{\text{aktiver Amylalkohol}}{{}^{CH_3}_{C_2H_5}\!\!>\overset{*}{C}H\cdot CH_2OH} + NH_3 + CO_2$$

$$\underset{\text{Valin}}{(CH_3)_2:CH\cdot CHNH_2\cdot CO_2H} + H_2O = \underset{\text{Isobutylalkohol}}{(CH_3)_2:CH\cdot CH_2OH} + NH_3 + CO_2$$

Wie der Abbau des Leucins und seiner Homologen zu den entsprechenden Alkoholen im einzelnen verläuft und welche Zwischenstufen dabei auftreten, ist mit Sicherheit noch nicht festgestellt. Für sehr wahrscheinlich hält es EHRLICH (5), daß zuerst aus dem Leucin Ammoniak abgespalten wird und intermediär Leucinsäure auftritt, daß diese aber sofort nach ihrer Entstehung nach dem Schema

$$\underset{\text{Leucinsäure}}{(CH_3)_2:CH\cdot CH_2\cdot CH(OH)\cdot COOH} = \underset{\text{Valeraldehyd}}{(CH_3)_2:CH\cdot CH_2\cdot CHO} + \underset{\text{Ameisensäure}}{H\cdot COOH}$$

in Valeraldehyd und Ameisensäure zerfällt. Der Valeraldehyd, den schon ORDONNEAU (2) bei der Gärung beobachtet hat, würde dann durch Reduktasen der Hefe in Amylalkohol und vielleicht zum Teil durch

Oxydasen in Valeriansäure übergeführt werden, wodurch auch für die Entstehung dieser und ähnlicher Säuren bei der Hefengärung eine Erklärung gegeben wäre. Nachdem in neuester Zeit Ehrlich und Pistschimuka (1) gezeigt haben, daß von Hefen der Gattung *Willia* und von 5 *Oidium lactis* primäre Amine für die Zwecke des Eiweißstoffwechsels verwertet und dabei in die entsprechenden Alkohole übergeführt werden, ist es aber auch möglich, daß sich der Amylalkohol aus dem Leucin auf dem Umwege über das Amylamin bildet. Die Spaltung der Aminosäuren würde in diesem Falle erfolgen nach dem allgemeinen Schema

10
$$R \cdot CH(NH_2) \cdot COOH = R \cdot CH_2 \cdot NH_2 + CO_2$$
$$R \cdot CH_2 \cdot NH_2 + H_2O = R \cdot CH_2 \cdot OH + NH_3$$

Sehr bemerkenswert ist, daß nach den Beobachtungen von Ehrlich (2) bei der Vergärung der Aminosäuren weder im Verlauf noch bei Beendigung der Gärung in der Gärflüssigkeit Ammoniak nachzuweisen 15 ist. Vielmehr zeigt sich, daß bei der Gärung nicht nur die Aminosäure aus der Gärflüssigkeit verschwindet, sondern annähernd proportional ihrer vergorenen Menge und der Menge des entstandenen höheren Alkohols auch eine bestimmte Menge Stickstoff. Da dieser aus der sauren Lösung nicht in die Luft entweichen kann, so ergibt sich aus dieser 20 Tatsache, daß die Hefe das vorübergehend aus den Aminosäuren abgespaltene Ammoniak zu in Wasser unlöslichem Körpereiweiß verarbeitet und den stickstofflosen Teil in Form von Alkohol und eventuell auch in Form von Kohlensäure unberührt zurückläßt.

In ganz ähnlicher Weise wie das Leucin und seine Homologen spaltet 25 die Hefe während der Gärung auch andere im Eiweiß vorkommende Aminosäuren, so u. a. alle bisher untersuchten α-Aminosäuren in dem Sinne, daß sie ihnen Ammoniak zum Aufbau ihres Körpereiweißes entzieht und dabei außer Kohlensäure jedesmal eine stickstofflose Substanz, meist in Form eines Alkohols, zurückläßt. So entsteht aus dem Tyrosin 30 der p-Oxyphenyläthylalkohol (Tyrosol), aus dem Phenylalanin der Phenyläthylalkohol usw. Für die noch nicht näher untersuchten Aminosäuren läßt sich auf Grund ihrer Konstitution und des allgemeinen Verlaufs der Reaktion nach Ehrlich (2) voraussagen, welche Alkohole bei ihrer Spaltung wahrscheinlich zu erwarten sind. So darf man annehmen, daß 35 aus dem Glycocoll der Methylalkohol, aus dem Alanin der Aethylalkohol, aus dem Serin das Aethylenglycol entsteht. In dieselbe Gruppe der Spaltungen gehört auch die bereits besprochene Bildung der Bernsteinsäure aus der Glutaminsäure. In allen diesen Fällen handelt es sich um ein und dieselbe wichtige biologische Reaktion; da sie gewöhnlich 40 zur Entstehung eines Alkohols und nebenbei auch zur Abspaltung von Kohlendioxyd führt, kann man sie mit Ehrlich (2) als die alkoholische Gärung der Aminosäuren bezeichnen.

Wie die Spaltung des Zuckers vollzieht sich auch die Vergärung der Aminosäuren innerhalb der Hefenzellen jedenfalls unter Mitwirkung 45 sehr empfindlicher Enzyme, die mit dem Protoplasma eng zusammenhängen und in ihrer Gesamtarbeit den Eiweißaufbau der Hefe vermitteln, von der lebenden Zelle mit den bekannten Mitteln aber nicht abgetrennt werden können. Es braucht sich dabei nicht um ein besonderes desamidierendes Enzym zu handeln, sondern man kann sich nach Ehrlich (2) 50 vorstellen, daß dabei eine Reihe an sich chemisch sehr einfach reagierender Enzyme im Spiele sind, wie das weiter oben bereits angedeutet worden ist. Effront (2) glaubt zwar ein desamidierendes Enzym in der Hefe

nachgewiesen zu haben, weil er festgestellt hat, daß Aminosäuren in alkalischer, mit Preßhefe versetzter Lösung nach Verlauf einiger Tage unter Ammoniak-Entwicklung und Abspaltung flüchtiger Fettsäuren zersetzt werden. Nachdem aber EHRLICH (2) gezeigt hat, daß unter den Verhältnissen, wie sie EFFRONT hergestellt hat, die Desamidierung der 5 Aminosäuren durch Bakterien verursacht wird, ist diese Behauptung von EFFRONT hinfällig.

Sehr wichtig ist die Tatsache, daß die lebende Hefe die alkoholische Gärung der Aminosäuren nur dann vollzieht, wenn ihr gleichzeitig vergärbarer Zucker in großer Menge zur Verfügung steht. Wie EHRLICH (2) 10 beobachtet hat, bestehen offenbar ganz genaue gesetzmäßige Beziehungen zwischen der Leistungsfähigkeit einer Hefe bei der Assimilation einer Aminosäure und der Zuckermenge, die ihr zur Vergärung geboten wird. Mit anderen Worten kann man auch sagen, daß zur Abspaltung des Stickstoffs aus einer Aminosäure stets die Vergärung einer ganz be- 15 stimmten Menge von Zucker mit überschüssiger Hefe erforderlich ist. EHRLICH (2) schließt daraus, daß der Zerfall des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure der Hefe die für die Zerlegung der Aminosäuren und für den Eiweißaufbau aus dem abgespaltenen Ammoniak nötige Energie liefert, und daß ein Teil des Zuckers selbst das Kohlenstoff- und Wasser- 20 stoff-Material bildet, das die Hefe außer zu Glycogen zusammen mit dem aus Aminosäuren abgespaltenen Ammoniak zu ihrem arteigenen Körperprotein aufbaut.

Die Untersuchungen von EHRLICH (2) haben auch die Verhältnisse klargelegt, von denen die Bildung der höheren Alkohole und insbeson- 25 dere der Fuselöle bei der Gärung abhängig ist. Nach dem früher Gesagten ohne weiteres verständlich ist die von EHRLICH (2) und PRINGSHEIM (2) festgestellte Tatsache, daß eine Vermehrung der Aminosäuren im Gärstoff bei Anwesenheit der erforderlichen Zuckermengen auch eine Steigerung der Fuselölausbeute zur Folge hat. EHRLICH (5) und nach 30 ihm PRINGSHEIM (4) haben aber auch zeigen können, daß sich der Fuselölgehalt der Gärflüssigkeit vermindert, wenn der Hefe neben den Leucinen Stickstoffkörper mit leicht verseifbarem Stickstoff, wie Asparagin, oder Verbindungen, bei denen eine Spaltung überhaupt nicht erforderlich ist, wie Ammoniak, geboten werden. Die Hefe bevorzugt dann diese Stoffe 35 und greift die Leucine entsprechend weniger an. Wir werden auf diese Tatsache später zurückkommen müssen. Da den Hefen auch Aminosäuren, die bei der Selbstverdauung ihrer Körpersubstanz aus absterbenden Zellen austreten, als Stickstoffquelle dienen können, wird die Fuselölbildung auch von den Ernährungs- und Wachstumsbedingungen 40 der Hefe beeinflußt. Im allgemeinen kann man annehmen, daß aus dem Hefeneiweiß Fuselölbildung stattfinden wird, wenn die Hefe nur unzureichend oder schlecht ernährt ist, oder wenn durch zu hohe Temperatur oder ungünstige Lebensbedingungen anderer Art die autolytischen Vorgänge innerhalb der Zellen beschleunigt werden. Doch wird auch in 45 kräftig gärenden Maischen das Fuselöl zum Teil in dieser Weise entstehen können, weil bei sehr lebhafter Vermehrung der Hefe ältere Zellen absterben und Eiweiß-Spaltungskörper in die Gärflüssigkeit entlassen.

Unstreitig haben diese Tatsachen auch für die Weingärung Be- 50 deutung. Auch bei dieser werden sich die Fuselöle beim Eiweiß-Stoffwechsel der Hefen aus natürlichen Stickstoff-Verbindungen des Gärstoffs und autolytisch entstandenen Aminosäuren bilden. Allerdings hat man

von verschiedenen Seiten die Frage aufgeworfen, ob die Fuselöle des Weines ausschließlich auf diesem Wege entstehen, oder ob bei der Weingärung die Möglichkeit anderer Bildungsweisen vorliegt. WINDISCH (2) und SEIFERT (6) haben diese Frage bejaht, weil sie be-
5 obachtet haben, daß der Fuselölgehalt in spontan oder unter Zusatz von bakterienhaltigem Hefentrub vergorenen Weinen größer ist als in Vergleichsweinen, die aus sterilisierten Mosten mit reingezüchteten Hefen hergestellt werden. WINDISCH (2) vermutet, daß ein Teil der im Wein enthaltenen Fuselöle durch Bakterien aus Kohlenhydraten gebildet wird.
10 Da SEIFERT (6) aber festgestellt hat, daß bakterienhaltiger Hefentrub den Fuselölgehalt des Weines auch dann vermehrt, wenn er dem Wein erst nach Abschluß der Gärung zugesetzt wird, so hat diese Annahme wenig für sich. Auch der Deutungsversuch von SEIFERT (6), daß die Bakterien ein noch nicht bekanntes Kohlenhydrat des Weines oder das
15 Glycogen oder einen anderen Inhaltskörper der Hefen in Fuselöl umwandeln, dürfte der Wirklichkeit nicht entsprechen. Die von WINDISCH (2) und SEIFERT (6) beobachtete Steigerung des Fuselölgehalts durch unreine Hefe läßt sich wohl dadurch erklären, daß sich in diesem Falle neben den echten Hefen noch andere Sproßpilze an der Erzeugung höherer
20 Alkohole beteiligen. Insbesondere kämen dabei Kahmpilze und hautbildenden Hefen der Gattung *Willia* in Betracht (s. S. 466): nach den Untersuchungen von EHRLICH (2) und PRINGSHEIM (5) wäre aber auch an die Mitwirkung von Apiculatus-Hefen und Mucorineen zu denken. Die Bakterien dürften die Fuselölbildung im Wein vermutlich nur indirekt
25 fördern, indem sie die Autolyse der Hefe beschleunigen und so dazu beitragen, daß sich in jungen Zellen von Hefen und Kahmpilzen der Eiweiß-Stoffwechsel lebhafter vollzieht. In jenen Fällen, in denen der nach EHRLICH's Theorie hierzu notwendige Zucker nicht mehr vorhanden ist, dürfte das Glycogen als Kraftquelle an dessen Stelle treten. Die von
30 PRINGSHEIM (4) in Brennereimaischen beobachtete Bildung von Fuselölen durch Buttersäure-Bakterien kommt für die Weingärung im allgemeinen nicht in Betracht, da eine stärkere Vermehrung derartiger Bakterien wenigstens in den säurereichen Mosten ausgeschlossen erscheint.

Die von der Hefe gebildeten höheren Alkohole verbinden sich im
35 Wein mit den vorhandenen Fettsäuren leicht zu Estern, wobei nach einer Annahme von KAYSER und DEMOLON (1), die auch EHRLICH (2) vertritt, möglicherweise ein besonderes Enzym der Hefe mitwirkt. Zum Teil gehen die vorhandenen Alkohole auch in Aldehyde über, nach KAYSER und DEMOLON (1) besonders dann, wenn die Gärflüssigkeit mit der Luft
40 in Berührung steht. Wesentlich in der Form dieser beiden Verbindungen beteiligen sich die höheren Alkohole auch an der Bildung des Weinbouquets, mit dem wir uns zum Schluß noch zu befassen haben.

Die **Bouquetstoffe** des Weines kann man nach ihrer Entstehung in drei Gruppen einteilen. Zur ersten gehören die fertig gebildeten
45 Riechstoffe der Rebe, die Traubenbouquets nach WORTMANN (1), die schon in den Beeren vorhanden sind. MÜLLER-THURGAU (14) gibt an, daß sie sich durch Aether aus den Trauben ausziehen lassen und wahrscheinlich die Eigenschaften ätherischer Oele besitzen. Während sie in manchen Sorten wenig hervortreten, finden sie sich in den Trauben anderer Reben,
50 wie z. B. beim Muskateller und Gewürztraminer, in solchen Mengen vor, daß sie die Blume des Weines entscheidend beeinflussen. In dieselbe Gruppe der Weinbouquets ist das in den Samen der Rebe enthaltene Vanillin einzureihen, das sich nach MACH und PORTELE (3) in der Blume

und dem Geschmack feinerer Rotweine deutlich bemerkbar macht. In die zweite Gruppe der Weinbouquetstoffe sind diejenigen Riechstoffe einzuordnen, die sich aus bouquetgebenden, aber selbst nicht riechenden Stoffen der Trauben erst während der Gärung bilden. Wortmann (1) bezeichnet sie als Gärungsbouquets. Die dritte Gruppe bilden die- 5 jenigen Riechstoffe, welche die Hefe während der Gärung aus den Eiweiß-Spaltungs-Produkten ihres eigenen Körpers erzeugt. Wie schon Jacquemin (1) beobachtet hat, entstehen sie auch bei der Gärung reiner Zuckerlösungen, was nach den Entdeckungen von Ehrlich (2) leicht zu verstehen ist. Müller-Thurgau (8 u. 15) hat diese Bouquets Hefen- 10 geruchsstoffe genannt. Dahingestellt mag bleiben, ob durch rein chemische Vorgänge Riechstoffe im Wein entstehen, auch gehört nicht in den Rahmen dieser Besprechung eine nähere Beschreibung der erstgenannten Gruppe von Riechstoffen. Dagegen bedarf die Bildung der übrigen Bouquetkörper einer weiteren Erörterung. 15

Wenn wir die Besprechung der Hefengeruchsstoffe vorwegnehmen, so ist zunächst zu betonen, daß ihre Entstehung wohl sicher auf die Fuselölbildung zurückzuführen ist. Im wesentlichen dürften sie sich aus verschiedenartigen Estern und geringeren Mengen von Acetalen, höheren Alkoholen, Aldehyden und flüchtigen Fettsäuren zusammensetzen. 20 Unter den Estern dürften neben dem Essigsäureäthylester und den Estern der niederen Fettsäuren auch solche höherer Fettsäuren vertreten sein, so die Ester der Capronsäure, Oenanthsäure, Caprylsäure, Nonylsäure und Caprinsäure, wie sie sich nach den Untersuchungen von K. Windisch (2) und anderer Chemiker im Oenanthäther vorfinden. Man 25 vergleiche damit S. 394 des Vierten Bandes sowie die neueren Untersuchungen von Scurti (1), der in einem alten sizilianischen Wein Aethylbutyrat, Aethylacetat, Amylalkohol, Aethylsuccinat, Aethylmalat sowie Ester der Caprinsäure und noch höherer Fettsäuren nachgewiesen hat. Die Zusammensetzung der Hefengeruchsstoffe dürfte bei den einzelnen 30 Hefen sehr stark wechseln, was Ehrlich (2) aus der Annahme ableitet, daß jede Hefenrasse im Aufbau ihres Proteins und besonders hinsichtlich der darin auftretenden Aminosäuren ihre Besonderheiten zeigt. Infolgedessen müssen auch die beim Eiweiß-Stoffwechsel der verschiedenen Hefen entstehenden flüchtigen Nebenprodukte in der Zusammensetzung von- 35 einander abweichen. Ehrlich (2) scheint den Hefengeruchsstoffen besondere Bedeutung für die Bildung des Weinbouquets beizumessen; Müller-Thurgau (16) hat aber beobachtet, daß sie nicht sehr beständig sind, wenn sie auch bei Jungweinen vorübergehend stark in der Blume hervortreten können. 40

Die Gärungsbouquets entstehen nach der Auffassung von Wortmann (6), der sich Müller-Thurgau (8), Cordier (2), Rosenstiehl (4) und andere Forscher angeschlossen haben, beim Stoffwechsel der Hefen durch eine Umsetzung von Traubenbestandteilen, die an sich nicht riechen. Infolge dieser Bildungsweise sind die Gärungsbouquets wie die 45 fertigen Traubenbouquets in ihrer Zusammensetzung von der Traubensorte, dem Reifegrade der Früchte, von Boden und Klima der Weinberge, von der Erziehungsart des Weinstocks und anderen Verhältnissen abhängig, welche die Beschaffenheit der Trauben bestimmen. Die Art dieser Bouquets wird aber von den Hefenrassen und den übrigen Gärungs- 50 bedingungen noch insofern beeinflußt, als die Eigenschaften der Hefen, die Gärungsenergie und die Zusammensetzung der Moste für den Grad der Umsetzung maßgebend sind, welche die Muttersubstanzen der Gärungs-

bouquets erfahren. Rosenstiehl (4) behauptet, daß wenigstens in den edleren Traubensorten stets mehrere solcher bouquetgebenden Stoffe vorhanden sind, von denen die einzelnen Hefenrassen immer nur bestimmte angreifen. Die Art der Umsetzung hält Rosenstiehl (4) für so ent-
5 scheidend, daß er die feine Blume der Hochgewächse weniger der Eigenart der Traubensorten, sondern weit mehr den Eigenschaften der auf den Trauben vorkommenden Hefen zuschreibt. Durch die Erfahrungen der Praxis wird diese Annahme, die in manchen Auffassungen Ehrlich's (2) eine gewisse Stütze zu finden scheint, aber jedenfalls nicht bestätigt.
10 Da Müller-Thurgau (17) und Jacquemin (2) gezeigt haben, daß wässerige Zuckerlösungen, die unter Zusatz von Rebenblättern vergären, dasselbe Bouquet annehmen, wie es den Weinen aus den Trauben der gleichen Sorten eigen ist, kann man als erwiesen ansehen, daß die bouquetbildenden Stoffe bereits in den Blättern des Weinstocks vorhanden sind.
15 Von dieser Tatsache ausgehend, hat Jacquemin (2) vorgeschlagen, den gärenden Mosten zur Verbesserung des Weinbouquets wässerige Auszüge von Rebenblättern zuzusetzen. In der Praxis hat man mit derartigen Blattextrakten, deren Herstellung von Pozzi-Escot (1) näher beschrieben worden ist, den gewünschten Zweck aber nicht erreicht. Was die
20 chemische Beschaffenheit der bouquetgebenden Stoffe anbelangt, so glaubt Jacquemin (2), daß es sich um glycosidartige Verbindungen handelt, die bei der Gärung durch ein Enzym der Hefe in eine Zuckerart und einen Riechstoff gespalten werden. Da einwandfreie Beweise für diese Behauptung fehlen, liegt es in Hinblick auf die Untersuchungen
25 von Ehrlich (2) jedoch näher, die bouquetbildenden Stoffe als Eiweiß-Spaltungs-Produkte der Rebe anzusehen. Sollte sich diese Vermutung bestätigen, dann würden die aus den bouquetbildenden Substanzen hervorgehenden Riechstoffe mit den fertigen Traubenbouquets in nahem Zusammenhang stehen; denn auch diese Verbindungen hat man sich in
30 ganz ähnlicher Weise entstanden zu denken. Nach der Theorie von Ehrlich (2) sind auch die fertigen Riechstoffe der Trauben und anderer Fruchtarten das Ergebnis eines Eiweiß-Stoffwechsels, der sich in der Rebe und in anderen Pflanzen in ganz ähnlicher Weise vollzieht wie die Bildung der Fuselöle und anderer Sekretstoffe beim Auf- und Abbau
35 des Hefenproteins.

Daß der Gärverlauf auf die Bouquetbildung im Wein von großem Einfluß ist, läßt sich schon aus den Untersuchungen von Ehrlich (2) entnehmen. Es sei in diesem Zusammenhang auch darauf hingewiesen, daß nach den Beobachtungen von Moritz (3), Wortmann (7), Rosen-
40 stiehl (3) und anderen Forschern während der Weingärung sehr viel Bouquetstoffe verloren gehen, wenn die Kohlensäure-Entwicklung zu stürmisch ist. Bei Erhöhung der Gärtemperatur steigern sich diese Verluste. Nach Müller-Thurgau (1 u. 10) wird durch eine Temperatur von 25° C die Bouquetbildung allerdings noch nicht weiter benachteiligt.
45 Rosenstiehl (3) vertritt dagegen die Auffassung, daß sich das Bouquet am besten entwickelt, wenn die Gärtemperatur unter 20° C bleibt. Wärmegrade von 30—35° C sind nach seinen Erfahrungen für das Bouquet außerordentlich schädlich. Die Zuckerkonzentration der Moste dürfte auf die Bouquetbildung im Wein nur insoweit einwirken, als
50 sie für die Intensität des Eiweiß-Stoffwechsels der Hefen maßgebend ist. Man vergleiche dazu die Ausführungen von Wortmann (1) und Ehrlich (2). Von Einfluß auf das Weinbouquet muß nach den Untersuchungen von Ehrlich (2) der Gehalt der Moste und Maischen an

assimilierbaren Stickstoff-Verbindungen sein, was auch KAYSER und DEMOLON (1) in neuerer Zeit stark betonen. Da EHRLICH (5) und PRINGSHEIM (4) gezeigt haben, daß bei Gegenwart von Ammoniumsalzen in der Gärflüssigkeit die Fuselölbildung sich verringert, wird man annehmen müssen, daß die auf S. 428 erwähnte Verwendung dieser Salze als „Gär- 5 pulver" ebenfalls mit Aenderungen in der Bouquetbildung des Weines verbunden sein wird. Bemerkt sei schließlich noch, daß die Art des Weinbouquets naturgemäß in hohem Grade von der Art und Menge der vorhandenen Mostorganismen abhängig ist. Da nach den Beobachtungen von PRINGSHEIM (5), EHRLICH und JACOBSEN (1), EHRLICH und PIST- 10 SCHIMUKA (1), SEIFERT (8) und anderen Forschern nicht nur die Hefen, sondern auch die übrigen Gärungserreger des Mostes beim Eiweiß-Stoffwechsel Riechstoffe erzeugen, werden im Wein bald die Bouquets der Hefen, bald die ihrer Begleitorganismen stärker hervortreten, je nachdem der Hefentrub weniger oder mehr von diesen Fremdkeimen 15 enthält. Am stärksten dürften sich dabei die Riechstoffe der Apiculatus-Hefen bemerkbar machen, wozu man die Ausführungen auf S. 327 des Vierten Bandes vergleiche.

§ 109. Nachgärung und Säure-Abbau des Weines.

Wenn der Zucker bis auf kleine Reste oder so weit vergoren ist, daß 20 der entstandene Alkohol die Gärtätigkeit der Hefe stärker behindert, ist die Hauptgärung des Mostes beendet und geht der Jungwein in die Nachgärung über. Bei gewöhnlichen Weißweinen wird die Kohlensäure-Entwicklung in der Regel schon am vierten bis achten Tage nach Beginn der Hauptgärung bedeutend schwächer; bei sehr süßen Mosten und ins- 25 besondere bei den aus edelfaulen Beeren hergestellten, auf S. 372 erwähnten Auslesen vergehen aber mehrere Wochen, bis sich die Nachgärung einstellt. Jungweine von gewöhnlicher Zusammensetzung enthalten nach Beendigung der Hauptgärung etwa noch 0,4—2 Proz. Zucker. Dieser wird mit Ausnahme eines kleinen Restes, der jedenfalls aus den auf S. 454 30 erwähnten Pentosen besteht, im Verlauf der Nachgärung ebenfalls in Alkohol und Kohlensäure zerlegt, während die Hefen sich gleichzeitig langsam zu Boden setzen und der Wein sich klärt.

Gewöhnlich schon in der ersten Zeit der Nachgärung werden die Gärfässer zur Verhütung von Kahmbildung mit Wein bis zum Spund 35 aufgefüllt, nachdem die Drusen, die sich während der Hauptgärung an den Faßwandungen des Steigraumes angesetzt haben, durch Bürsten sorgfältig beseitigt worden sind. Die Kellertemperatur wird in Deutschland in allen größeren Betrieben nach der Hauptgärung auf etwa 15° C eingestellt. Bei dieser Temperatur ist die Nachgärung meist nach 6 bis 40 8 Wochen beendet; nur bei den oben erwähnten süßen Ausleseweinen aus edelfaulen Trauben dauert sie in der Regel einige Monate, in Ausnahmefällen sogar mehrere Jahre. Wenn sich die Moste während der Gärung auf 35—40° C erwärmen oder nach Beendigung der Hauptgärung stark abkühlen, sodaß die Hefen geschädigt oder in ihrer Tätigkeit be- 45 hindert werden, kann sich die Nachgärung bedeutend verzögern oder erst einige Zeit nach der Hauptgärung einstellen. Die Weine kommen dann entweder gleich nach dem Abziehen von der Hefe oder erst im Sommer, mit eintretender Erhöhung der Kellertemperatur, wieder in Gärung. Im ersten Falle werden die Hefen durch den beim Abstich 50

aufgenommenen Sauerstoff, im zweiten durch die Erwärmung des Weines zu neuer Tätigkeit angeregt. Bei zuckerhaltigen Ausleseweinen treten derartige Nachgärungen leicht immer wieder von neuem auf, und zwar nicht selten noch zu einer Zeit, zu der sich die Weine schon auf der
5 Flasche befinden. Diese Tatsache erklärt sich durch den verhältnismäßig niedrigen Vergärungsgrad der Ausleseweine, deren Alkoholgehalt gewöhnlich nicht hoch genug ist, um die Entwicklung und Arbeit neuer Hefen ganz zu unterdrücken. Wie Wortmann (1) gezeigt hat, lassen sich derartige Nachgärungen noch am besten dadurch vermeiden, daß
10 man den jungen Ausleseweinen solche Reinzuchthefen zusetzt, die bei Gegenwart größerer Mengen von Alkohol und Zucker noch gärfähig bleiben.

Bei der Herstellung von Rotweinen werden die vergorenen Moste vor der Nachgärung von den Trestern abgezogen und, soweit sie nicht
15 frei abfließen, mit Hilfe von Pressen abgekeltert. Im Bordeaux-Gebiet geschieht das schon am fünften bis sechsten, spätestens am zehnten Tage nach Beginn der Maischegärung. In Deutschland keltert man die Rotweinmaischen gewöhnlich erst nach 2—4 Wochen ab, strebt in neuerer Zeit aber auch hier danach, die Maischegärung abzukürzen, weil man in
20 Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Nessler (1) und Wortmann (8) die Erfahrung gemacht hat, daß bei längerem Stehenlassen der Maischen die Farbe der Weine leidet und ihr Geschmack unangenehm herb und bitter wird. Die Versuche, die Maischegärung bei der Rotweinbereitung ganz zu umgehen, sind auf S. 387 des vorliegenden Bandes
25 bereits besprochen. Die Nachgärung verläuft bei den auf Fässer abgezogenen Rotweinen in ganz ähnlicher Weise wie bei den Weißweinen.

Als **Säureabbau** bezeichnet man eine Säuregärung, die sich nach der alkoholischen Gärung im Wein einstellt und im wesentlichen darin
30 besteht, daß die (zweibasische) Aepfelsäure des Weines durch Bakterien in (einbasische) Milchsäure und Kohlensäure gespalten wird. Die hierdurch bewirkte Verminderung des Säuregehaltes kann für die Entwicklung des Weines entweder vorteilhaft oder nachteilig sein, je nachdem der ursprüngliche Säuregehalt des Mostes hoch oder niedrig ist. So erhalten
35 viele der säurereichen Rieslingweine, wie sie in manchen Gegenden Deutschlands, besonders an der Mosel und an der Saar, alljährlich erzielt werden, nur dadurch ihre frische, spritzige und angenehme Art, daß sie einen starken Säurerückgang erleiden, während andererseits gewisse, von Natur aus säurearme Weine südlicher Gegenden durch eine lebhafte
40 Säuregärung unzweifelhaft an Haltbarkeit und Güte verlieren.

In deutschen Weinen vermindert sich die Säure nach den Beobachtungen von Müller-Thurgau (17 u. 18), A. Koch (1), Kulisch (6) und anderen Forschern durch den Säurerückgang leicht bis auf zwei Drittel, ja nicht selten sogar bis auf zwei Fünftel der ursprünglich im Most
45 enthaltenen Menge. Kulisch (6) fand, daß ein 1901-er Elsässer Rieslingmost von 15,5 Promille Säure einen Wein von 7 Promille Säure lieferte. Während hier der Säurerückgang 8,5 Promille betrug, erreichte er in einem 1903-er Elsässer Rotwein sogar die Höhe von 9,7 Promille. Meist schwankte er aber bei den von Kulisch (6) in den Jahren 1901—1908
50 untersuchten elsässischen Weinen zwischen 2,0—6,0 Promille. Man hat früher geglaubt, diese beträchtlichen Säureverluste damit erklären zu können, daß während der Gärung ein Teil des sauren Kaliumsalzes der Weinsäure, des sogen. Weinsteins, mit etwas weinsaurem Kalk aus dem

Moste ausgeschieden werde. Kulisch (7) und Seifert (6) haben aus den Löslichkeitsverhältnissen des Weinsteins in Wasser und verdünntem Alkohol sowie in Most und Wein jedoch berechnet, daß auf diesem Wege nur eine Säureabnahme von etwa 1,3 Promille zu erwarten ist. Diesem Werte entsprechen auch annähernd die Weinsteinmengen, die Boetticher (1) 5 und Seifert (6) in Trubgeläger von frisch vergorenem Most analytisch bestimmt haben. In dem von Boetticher untersuchten Fall waren aus einem Liter eines Rheingauer Weines 3,44 g Weinstein ausgefallen, was einem Säurerückgang von 1,37 Promille gleichkäme. Seifert beobachtete eine Weinsteinausscheidung von 3,55 g auf einen Liter Wein, entsprechend 10 einer Säureabnahme von 1,47 Promille. Bei sehr säurereichen Mosten können durch Weinstein-Ausfall nach neueren Beobachtungen von Kulisch (6) allerdings auch Säureverluste von 2 Promille und ausnahmsweise selbst von 3 Promille entstehen, weil die Moste vielfach eine stark übersättigte Weinsteinlösung darstellen, in der bisweilen um die Hälfte 15 mehr Weinstein enthalten ist, als man nach dessen Löslichkeit in Wasser annehmen sollte. Diesen Säureverlusten stehen aber die Mengen von Bernsteinsäure und flüchtiger Säure gegenüber, die von den Hefen während der Gärung erzeugt werden. Da sie nach den Beobachtungen von Kulisch (6) den Säuregehalt von Rheingauer Rieslingweinen in den 20 ersten Tagen der Gärung um 1,4 Promille erhöhen können, werden sie in der Regel ausreichend sein, um die Säureverminderung durch Weinstein-Ausscheidung wenigstens auszugleichen. Bei der Umgärung von Traubenweinen und in Obst- und Beerenweinen, wo eine Säureverminderung durch Weinstein-Ausfall nicht in Frage kommt, können sie den Säure- 25 gehalt der Weine sogar um 1—3 Promille erhöhen, wie die Beobachtungen von Kulisch (6) und Müller-Thurgau und Osterwalder (2 u. 3) lehren. Da auch die Esterifizierung der Säuren, wie sie Berthelot (1) und Scurti und Corso (1) verfolgt haben, den Säurerückgang nicht erklären kann, hat zuerst Kulisch (7 u. 8), ausgehend von der Beobachtung, 30 daß sich die Säureabnahme in Apfelweinen unter den Erscheinungen einer Nachgärung vollzieht, die Vermutung ausgesprochen, daß der Säurerückgang durch physiologische Vorgänge zustande käme. Seine Annahme, daß jener vornehmlich durch Hefen bedingt sei, die nach Abschluß der Gärung in Ermanglung von Zucker die Aepfelsäure zersetzen, ist durch 35 die Untersuchungen von Wortmann (2 u. 6), Schukow (1), A. Koch (1) sowie Müller-Thurgau und Osterwalder (4) nur insofern bestätigt worden, als sich herausstellte, daß reingezüchtete Hefen in künstlichen Nährlösungen und in Mosten Citronensäure, Aepfelsäure und in schwächerem Grade auch Weinsäure und Bernsteinsäure wirklich angreifen. Der Säure- 40 verbrauch der Hefen ist nach diesen Ermittelungen aber so gering, daß er zur Erklärung der starken Säureverluste, wie sie im Wein beobachtet werden, nicht ausreicht. Aus diesem Grunde hat auch die Vermutung von Neuberg und Kerb (1), daß die Weinhefen die im Most enthaltene Aepfelsäure und Milchsäure möglicherweise in Oxalessigsäure und Brenz- 45 traubensäure überführen und diese Ketonsäuren dann zu Acetaldehyd und Kohlensäure vergären, für die Praxis einstweilen wenig Bedeutung. Dasselbe gilt von der Beobachtung von Karczag (1), wonach die verschiedenen Stereo-Isomeren der Weinsäure durch frische Hefen und Hefendauerpräparate in der Tat bis zu einem gewissen Grade zerlegt 50 werden.

Die Kahmpilze, die nach den Beobachtungen von Seifert (9) und Meissner (6) Aepfelsäure, Bernsteinsäure und Essigsäure zum Teil aller-

dings stark angreifen, entwickeln sich bei ihrem großen Sauerstoffbedürfnis in richtig behandelten, von der Luft abgeschlossenen Weinen so schwach, daß sie auf den eigentlichen Säurerückgang, wie A. Koch (1) gezeigt hat, keinen nennenswerten Einfluß haben.

Als die eigentlichen Erreger des Säureabbaues sind gewisse Bakterien anzusehen, was in Bestätigung einer von Müller-Thurgau (18) ausgesprochenen Vermutung zuerst A. Koch (1) nachgewiesen und später auch Seifert (10) sowie Müller-Thurgau und Osterwalder (4) sichergestellt haben. Die genauer untersuchten Arten dieser Spaltpilze gehören in die Gruppe der Milchsäurebakterien und stimmen darin überein, daß sie die Aepfelsäure des Weines in Milchsäure und Kohlensäure zerlegen, wobei sie unter Umständen auch geringe Mengen von flüchtiger Säure bilden. Von diesem Verhalten machen auch die von A. Koch (1) reingezüchteten Bakterien, mit denen die Einleitung des Säurerückganges auf künstlichem Wege zuerst gelungen ist, jedenfalls keine Ausnahme. Nach den Beobachtungen des genannten Forschers bringen sie in künstlichen Nährlösungen und in Weinen unter geeigneten Bedingungen etwa 60 Proz. der vorhandenen Aepfelsäure zum Verschwinden und lassen in der Lösung nur einen Rest von ungefähr 40 Proz. Säure zurück, von dem schon A. Koch (1) vermutet hat, daß er nicht aus Aepfelsäure, sondern aus einer anderen durch die Bakterientätigkeit neugebildeten Säure besteht.

Von den näher bekannten Erregern des Säurerückganges ist an erster Stelle zu erwähnen der von Seifert (10) aus einem Wein mit stark abgebauter Säure reingezüchtete *Micrococcus malolacticus* Seifert. Das Bakterium ist fakultativ anaerob, verflüssigt Gelatine nicht und bildet in Traubenmosten und Obstsäften 1 μ dicke, kugelige bis ovale Zellen, die fast ausschließlich zu Diplokokken und nur ganz vereinzelt zu Tetraden verbunden sind. Wie Seifert (10) nachgewiesen hat, spaltet dieser Mikrokokkus in künstlichen Nährlösungen Aepfelsäure in Kohlensäure und Aethyliden-Milchsäure unter gleichzeitiger Bildung sehr geringer Mengen von flüchtiger Säure; dagegen greift er weder bei Luftabschluß noch bei Luftzutritt Rechtsweinsäure, Linksweinsäure, Traubensäure, Citronensäure, Malonsäure, Bernsteinsäure, Milchsäure und Essigsäure an.

Nahe stehen dieser Art der *Micrococcus variococcus* und der *Micrococcus acidovorax*, die von Müller-Thurgau und Osterwalder (4) aus Weinen reingezüchtet und genau untersucht wurden. *Micrococcus variococcus* M.-Th. et O. findet sich in Rot- und Weißweinen, die im Säureabbau begriffen sind. Seine Zellen sind unbeweglich, 0,7—1,5 μ dick und treten einzeln, in Diplokokken, Tetraden und in manchen Weinen auch in Zooglöen auf. Diese Art bildet keine Sporen, verflüssigt Gelatine nicht und ist fakultativ anaerob. Im Verhalten gegen Aepfelsäure und äpfelsaures Kali, Citronensäure, Weinsäure, Milchsäure und Bernsteinsäure stimmt sie mit *M. malolacticus* Seifert überein, unterscheidet sich von ihm jedoch im Verhalten gegen d-Glucose und d-Fructose, die sie unter Bildung von Milchsäure ohne Nebenprodukte zersetzt. Ihr Temperatur-Optimum liegt bei 26,5° C.

Micrococcus acidovorax M.-Th. et O. bildet durchgehend kleinere Einzelzellen von 0,5—0,7 μ Durchmesser, greift im Gegensatz zu *M. variococcus* Lactose und Maltose stark an, stimmt in den übrigen Eigenschaften aber mit der eben beschriebenen Art ziemlich überein.

Außer diesen drei Mikrokokken kommt als Erreger des Säurerück-

ganges auch ein Stäbchen-Bakterium in Betracht, das von MÜLLER-THURGAU (19) zuerst in einem spontan vergorenen Birnwein aufgefundene *Bacterium gracile* M.-TH. Nach den Untersuchungen von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (4) bildet dieses Bakterium unbewegliche Kurzstäbchen von 0.75—1.0 μ Länge und etwa 0.5 μ Dicke, die oft zu kürzeren oder 5 längeren, vielfach scharf geknickten Fäden verbunden sind. Seltener erscheint es in kleineren Knäueln von ineinandergeschlungenen Fäden oder in Zooglöen. Es bildet keine Sporen, verflüssigt Gelatine nicht und ist fakultativ anaerob. Das Bakterium vergärt d-Glucose, d-Fructose und d-Galactose unter Bildung von viel Milchsäure, Essigsäure und 10 Kohlensäure und erzeugt gleichzeitig aus d-Fructose Mannit, aus den beiden anderen Hexosen Aethylalkohol. Aepfelsäure wird von dem Bakterium rasch und vollständig zersetzt unter Bildung von Milchsäure, Kohlensäure und Spuren von flüchtiger Säure. Auch aus äpfelsaurem Kalk, neutralem äpfelsaurem Kali und äpfelsaurem Ammoniak kann 15 es die Aepfelsäure abtrennen und abbauen. Citronensäure wird von *Bacterium gracile* unter Bildung von wenig Milchsäure, Kohlensäure und viel flüchtiger Säure zerlegt, während Weinsäure und ihre Salze, Bernsteinsäure und Milchsäure nicht angegriffen werden. Das Temperatur-Optimum liegt bei 22—26° C. 20

In künstlichen Nährlösungen spalten also diese vier Bakterien-Arten die Aepfelsäure nach der Gleichung

$$COOH-CH_2-CHOH-COOH = CH_3-CHOH-COOH + CO_2$$

glatt in Milchsäure und Kohlensäure, wobei nur bei *B. gracile* und *M. malolacticus* geringe Spuren von flüchtiger Säure auftreten. Andere Nebenprodukte fehlen anscheinend völlig. Aehnlich dürfte sich der 25 Säureabbau auch im Wein vollziehen, sofern dieser nicht noch unvergorenen Zucker enthält. Ist das der Fall, dann scheint *M. malolacticus* nach den Beobachtungen von SEIFERT (10) neben Essigsäure in geringer Menge auch Gluconsäure, $CH_2OH-(CHOH)_4-COOH$, oder Lävulinsäure, $CH_3-CO-CH_2-CH_2-COOH$, bilden zu können, während *B. gracile* 30 unter solchen Umständen durch Zuckervergärung zuweilen etwas mehr flüchtige Säure erzeugt. Da der Säureabbau sich im Wein in der Regel aber erst dann einstellt, wenn die alkoholische Gärung beendet ist, so wird er diesen Verlauf wohl nur selten nehmen. Es ist das wichtig, weil sich damit die Tatsache erklärt, daß Weine, die im Säurerückgang 35 begriffen sind, völlig rein schmecken können. Der reine Säurerückgang, wie er hier beschrieben ist, hat auch nichts zu tun mit dem sogen. Milchsäurestich, einer im nächsten Kapitel zu besprechenden Weinkrankheit, die durch andere Milchsäurebakterien hervorgerufen wird.

Es kann heute kaum noch einem Zweifel unterliegen, daß die be- 40 sprochene V e r g ä r u n g der A e p f e l s ä u r e zu M i l c h s ä u r e und Kohlensäure in der Entwicklung des Weines eine ganz normale Erscheinung ist, die nicht nur in nordischen, sondern auch in südländischen Weinen sich regelmäßig einstellt, wenn sie nicht auf künstlichem Wege unterdrückt wird. Dafür spricht schon die von J. A. MÜLLER (1), KUNZ (2), 45 MÖSLINGER (1), BARAGIOLA und GODET (2) sowie von vielen anderen Chemikern nachgewiesene Tatsache, daß die Milchsäure ein normaler Bestandteil aller Weine ist. Der Säurerückgang selbst ist aber auch in südländischen Weinen wiederholt beobachtet worden, in französischen Traubenweinen von ROSENSTIEHL (6) und in einem Falle offenbar schon 50 von PASTEUR (2), in Karstweinen von RIPPER (4), in schweizerischen Weinen

von Müller-Thurgau und Osterwalder (4) und in einzelnen Fällen nach Baragiola und Godet (2) jedenfalls auch in italienischen Weinen. Man vergleiche damit außerdem die Mitteilungen von Kayser (8). In Frankreich scheint man den Säurerückgang allerdings bis in die neueste Zeit vielfach mit dem „Umschlagen" zusammengefaßt zu haben, worauf im nächsten Kapitel noch zurückzukommen sein wird.

Ob in ähnlicher Weise wie die Aepfelsäure auch die übrigen im Wein enthaltenen Säuren durch Bakterien abgebaut werden können, ist noch ungewiß. A. Koch (1) gibt allerdings an, in manchen Weinen Bakterien gefunden zu haben, welche die Weinsäure und den Weinstein zum Verschwinden bringen. Die weiter oben beschriebenen vier säureverzehrenden Bakterien greifen, wie bereits erwähnt, diese Säure aber nicht an. Daß die in Johannisbeerweinen natürlich vorkommende Citronensäure, die in manchen Fällen auch Traubenweinen künstlich zugesetzt wird, von Weinbakterien zerlegt werden kann, geht schon aus den Angaben über *Bacterium gracile* hervor. In ähnlicher Weise verhält sich gegen diese Säure ein von Müller-Thurgau (19) untersuchtes Milchsäurebakterium des Weines, *Bacterium mannitopoeum* M.-Th., in dessen Verwandtenkreis nach Müller-Thurgau und Osterwalder (4) offenbar auch ein von Seifert (11) und Behrens (1) in Johannisbeerweinen aufgefundenes Stäbchen-Bakterium gehört, das nach Seifert (11) die Citronensäure vermutlich nach der Gleichung $2C_6H_8O_7 + H_2O = 3C_2H_4O_2 + 4CO_2 + C_2H_6O$ in Essigsäure, Kohlensäure und Alkohol spaltet. Nach den Beobachtungen über das Verhalten einzelner Essigsäure-Bakterien und den Ergebnissen von Serienuntersuchungen, die Behrens (4), Meissner (5 u. 7), Seifert (10 u. 6) und Windisch (2) ausgeführt haben, darf man ferner mit der Möglichkeit rechnen, daß im Wein auch Hefen und Bakterien auftreten, die Milchsäure und flüchtige Säure verzehren können. Neben dem Aepfelsäure-Zerfall dürfte der Abbau dieser Säuren für den Säurerückgang aber von untergeordneter Bedeutung sein.

Im Grad des Säureabbaues zeigen die Weine verschiedener Jahre und verschiedener Gegenden beträchtliche Unterschiede, die sich aus dem wechselnden Gehalte der Moste an Aepfelsäure erklären. Im allgemeinen wird der Säurerückgang bei Weinen aus reifen und säurearmen Mosten schwächer sein als bei unreifen Jahrgängen. Aus demselben Grunde ist im allgemeinen auch in südländischen Weinen, die von Natur aus säurearm sind und wenig Aepfelsäure enthalten, der Säurerückgang nicht so auffallend wie in Weinen nördlicher Gebiete, womit man die Angaben von Baragiola und Godet (2) vergleiche.

Der Verlauf des Säureabbaues ist in erster Linie von der Temperatur abhängig. Da die Wärme-Optima für die Tätigkeit der säureverzehrenden Bakterien nach den Untersuchungen von Seifert (10) sowie Müller-Thurgau und Osterwalder (4) zwischen 22° C und 35° C liegen, wird der Säurerückgang beschleunigt, wenn die Weine nach Abschluß der Hauptgärung möglichst warm lagern, wozu jedoch bemerkt werden muß, daß nach den Wahrnehmungen von Müller-Thurgau und Osterwalder (4) *Bacterium gracile*, *Micrococcus acidovorax* und *M. variococcus* in Obstsäften selbst bei 6,5° C Aepfelsäure noch stark, wenn auch langsam, angreifen. Sofern die übrigen Verhältnisse für den Säureabbau günstig liegen, wird mithin der Säurerückgang im Wein auch bei tiefen Kellertemperaturen nicht ausbleiben.

Die Beziehungen zwischen dem Säure- und Alkohol-Gehalt

der Weine und dem Säureabbau sind von Seifert (10) sowie Müller-Thurgau und Osterwalder (4) untersucht worden. Aus ihren Beobachtungen ergibt sich, daß die säureverzehrenden Mikrokokken nur bis 9 Promille, die verschiedenen Rassen des *Bact. gracile* höchstens 15 Promille Aepfelsäure zu vergären vermögen. Keines der säureverzehrenden Bakterien entwickelt sich in Nährlösungen, die mehr als 12 Vol.-Proz. Alkohol enthalten. Man darf daher annehmen, daß in sehr säurereichen Weinen der biologische Säure-Abbau sich nicht so leicht einstellen wird als in leichten und weniger sauren Weinen.

Hoher Gerbstoffgehalt der Weine ist nach Müller-Thurgau und Osterwalder (4) für die Entwicklung der säureverzehrenden Bakterien ebenfalls ungünstig, dagegen zeigt sich ihr Wachstum nach den übereinstimmenden Angaben von Müller-Thurgau (17) und A. Koch (1) in Weinen von höherem Stickstoff-Gehalt gefördert. Ebenso ist die Anwesenheit von Trubhefe für den Säureabbau vorteilhaft, da sowohl Koch (1) wie Seifert (6 u. 10) festgestellt haben, daß die von ihnen reingezüchteten säureverzehrenden Bakterien sich nur in hefenhaltigen Weinen entwickeln. Aus diesem Grunde ist von verschiedenen Seiten empfohlen worden, den Abstich von der Hefe bei sauren Weinen nicht zu zeitig vorzunehmen. Die Gegenwart von Hefen ist aber zur Einleitung des Säurerückgangs nicht unbedingt erforderlich, wie nicht nur einzelne Beobachtungen von Müller-Thurgau und Osterwalder (4) beweisen, sondern auch die praktische Erfahrung lehrt, daß auch in Flaschenweinen Säuregärung eintreten kann. Schweflige Säure verzögert den Säureabbau, verhindert ihn aber nicht völlig, vorausgesetzt, daß sie nicht in zu großer Menge vorhanden ist. Daß durch Pasteurisieren der Moste oder der Jungweine der biologische Säureabbau verzögert und leicht völlig unterdrückt werden kann, bedarf kaum der Erwähnung. Man vergleiche damit die Angaben von Kulisch (6) und Rosenstiehl (5). Die Anweisungen, die Seifert (10), Kulisch (6), sowie Müller-Thurgau und Osterwalder (4) zur Förderung oder Unterdrückung des Säureabbaues gegeben haben, gründen sich auf die eben angeführten Tatsachen. Die künstliche Einleitung des Säureabbaues durch Verwendung von Bakterien-Reinzuchten ist in praktischen Betrieben bisher noch nicht gelungen.

Bei Obstweinen verläuft der Säureabbau ähnlich wie bei den Traubenweinen. Bei Apfelweinen ist er anscheinend zuerst von Boussingault (1) beobachtet worden, der allerdings nur die auffallende Verminderung des Säuregehaltes festgestellt hat. Nähere Aufklärung über den Säureabbau bei Apfelweinen haben erst die Untersuchungen von Kulisch (7 u. 8), A. Koch (1), K. Windisch (2), Müller-Thurgau und Osterwalder (4 u. 5), sowie Becker (1) gebracht. Birnweine und Weine aus anderen Früchten, die Aepfelsäure in größerer Menge enthalten, wie z. B. Weine aus Speierlingen, Schlehen, Mispeln und Kirschen, schließen sich nach Windisch (2) im Säureabbau den Apfelweinen an. Bei Beerenweinen ist der Säurerückgang, wie Windisch (2) und Becker (1) festgestellt haben, oft sehr gering oder überhaupt nicht nachzuweisen, was nach Becker wohl vielfach in dem hohen Alkoholgehalt der Weine, zum Teil aber auch in der chemischen Konstitution ihrer Säuren seine Ursache hat. Wenn in Beerenweinen stärkere Säureverluste auftreten, wie sie z. B. in manchen Fällen Windisch (2) beobachtet hat, dann dürften sie wohl auf einer Zersetzung von Citronensäure durch das auf S. 476 erwähnte Bakterium aus dem Verwandtenkreise des *Bact. mannitopoeum*

beruhen, dessen Vorkommen in Johannisbeerweinen SEIFERT (11) und BEHRENS (1) nachgewiesen haben.

§ 110. Umgärung und Schaumweinbereitung.

Wie in § 100 des vorliegenden Bandes näher ausgeführt ist, findet 5 das Verfahren der **Umgärung** hauptsächlich Anwendung zur Verbesserung von sauren, alkoholarmen Weinen, zur Beseitigung von Weinfehlern und Weinkrankheiten, sowie zur Auffrischung von alten Faß- und Flaschenweinen, die durch langes Lagern matt und stumpf geworden sind. Die umzugärenden Weine werden in der Regel mit berechneten Mengen von 10 Zucker (Trockenzuckerung) oder Zuckerlösung, in Ausnahmefällen auch mit Most versetzt, dann mit Hefen angestellt und in ähnlicher Weise wie die Moste zur Durchgärung gebracht. Wirtschaftlich wichtig ist nur die Umgärung der kleinen, unreifen Weine, die nicht als Moste verbessert werden. Es sind das fast ausschließlich die geringeren Massen- 15 gewächse, die auch im verbesserten Zustande nicht als selbständige Weine abzusetzen sind, sondern lediglich zu Verschnittzwecken verbraucht werden. Die Winzer verkaufen diese Weine meist an den Großhandel, der auf ihre Verwertung besser eingerichtet ist als der Kleinbetrieb. Gegenüber der Verbesserung der Moste bietet die Umgärung 20 nach WORTMANN (9) den Vorteil, daß bei der Bemessung der Wasser- und Zuckerzusätze meist schon der natürliche Säurerückgang der Weine in Rechnung gestellt werden kann. Trotzdem gibt man in der Praxis, wo es angängig ist, der Mostverbesserung den Vorzug, weil verbesserte Moste leicht und vollständig durchgären, während die Umgärung von 25 Weinen mit manchen Schwierigkeiten verknüpft ist, die mit den Einrichtungen der Winzerkeller schwer zu überwinden sind.

Die Höhe der Wasser- und Zucker-Zusätze, die zur Umgärung notwendig sind, regeln in fast allen Weinbauländern gesetzliche Bestimmungen, auf die im einzelnen nicht eingegangen werden kann. Man 30 vergleiche damit die Ausführungen von KULISCH (6), C. VON DER HEIDE (1) und GÜNTHER (1). Zur Zuckerung der umzugärenden Weine dienen in deutschen Kellereien ausschließlich reine Handelssorten von Rohrzucker, obwohl nach den gesetzlichen Bestimmungen auch reiner Stärkezucker und Invertzucker dafür zulässig sind. Nach den Erfahrungen von 35 KULISCH (9) vergären diese Zuckerarten auch nicht schneller als der Rohrzucker und stimmen mit diesem auch hinsichtlich der Ausbeute an Alkohol, Kohlensäure und Glycerin im wesentlichen überein, sofern man die Gärungserzeugnisse auf vergleichbare Mengen Zucker bezieht.

Die Hefen arbeiten bei der Umgärung weniger lebhaft als bei der 40 Mostgärung, was in der Hauptsache auf die hemmende Wirkung des Alkohols, in manchen Fällen auch auf den Mangel an Nährstoffen, insbesondere an assimilierbaren Stickstoff-Verbindungen, zurückzuführen ist. Daher muß die Tätigkeit der Hefen bei der Umgärung in anderer Weise nach Möglichkeit gefördert werden. Die Temperatur der Weine ist 45 nach KULISCH (6) anfangs auf 20° C zu bringen, nach Beginn der eigentlichen Gärung aber auf 15—17° C einzustellen. Höhere Wärmegrade, namentlich solche, die über 20° C erheblich hinausgehen, sind besonders gegen das Ende der Gärung nachteilig und erschweren die Zersetzung der letzten Zuckerreste. Die Bedeutung der Reinhefen 50 für die Umgärung ist im § 100 des vorliegenden Bandes ausführlich

besprochen; an derselben Stelle finden sich Angaben über das ältere Gärverfahren, bei dem die gezuckerten Weine mit frisch abgezogenen Hefen aus anderen Weinen vergoren werden. Die Benutzung von Preßhefe, die nach KULISCH (1) in manchen Kellereien früher üblich war, kommt in Deutschland für die Umgärung von Weinen nicht mehr in Frage. Wie aus den Mitteilungen auf S. 430 hervorgeht, ist es dort auch unzulässig, durch Zusätze von Ammoniumsalzen den Gehalt der umzugärenden Weine an Hefennährstoffen künstlich zu erhöhen.

Schweflige Säure erschwert auch in geringer Menge die Umgärung in hohem Grade. Daher werden Weine, die zur Umgärung bestimmt sind, nur in ganz schwach eingeschwefelten Gebinden zum Versand gebracht und in Fässern vergoren, die schweflige Säure überhaupt nicht enthalten. Stärker eingebrannte Weine werden vor der Umgärung durch Ablassen oder Umpumpen gut gelüftet, um die vorhandene schweflige Säure durch Ueberführung in Schwefelsäure unschädlich zu machen. Durch Lüftung der Weine und Aufrühren der Hefe dürfte sich die Umgärung von Weinen nach den Beobachtungen von KULISCH (1) auch sonst beschleunigen lassen.

Angeschlossen sei hier die Besprechung der **Schaumweinbereitung,** die in weitaus den meisten Fällen, wie im § 101 des vorliegenden Bandes bereits auseinandergesetzt ist, gleichfalls auf eine Umgärung von Weinen hinausläuft. In einigen Weinbaugegenden stellt man Schaumweine zwar auch durch Vergären von Mosten her, doch hat dieses später noch etwas näher zu beschreibende Verfahren nur örtliche Bedeutung. Die Bereitung moussierender Weine durch Imprägnieren von Stillweinen mit Kohlensäure gehört nicht in den Rahmen dieser Besprechung. Es werden auf solchem Wege nur die billigsten Trauben- und Obstwein-Sekte gewonnen, worüber Genaueres in den Handbüchern von BABO und MACH (1), LUHMANN und MEITZ (1), A. DAL PIAZ (1) und RHEINBERG (1) zu erfahren ist.

Den Ausgangsstoff für die echten Schaumweine bilden meist die sogen. Claretweine oder Weißherbste, die aus weiß gekelterten, d. h. vor der Gärung abgepreßten roten Trauben hergestellt werden; doch lassen sich auch leichtere Weißweine und Rotweine zu Schaumweinen verarbeiten. Die Jungweine werden zunächst sorgfältig ausgebaut und dann im Großen in Fässern von 100—200 hl und mehr Inhalt zu einem sogen. Cuvée vermischt, wobei großer Wert darauf gelegt wird, daß stets ein Verschnittwein von möglichst gleichbleibender Beschaffenheit erzielt wird. Nur auf diesem Wege läßt es sich erreichen, daß die einzelnen Handelsmarken der Schaumweine ihre Eigenart im Laufe der Jahre unverändert beibehalten. Der fertige Verschnitt wird in der Regel mit Hausenblase und Tannin geschönt, nach der Klärung in ein anderes Faß gepumpt und dann mit berechneten Mengen von Zuckerlösung gemischt.

Gleichzeitig erhält der Wein einen Zusatz von Tannin, Hausenblase oder Gelatine und in manchen Fällen auch von Alkohol in Form von Cognac oder reinstem Industrie-Sprit. Durch die Beigabe der Schönungsstoffe wird das Absetzen der Hefe erleichtert, während der Alkoholzusatz hauptsächlich zu dem Zwecke erfolgt, Nachgärungen und Trübungen in den fertigen Schaumweinen zu verhüten.

Nach der Zuckerung wird der Wein, wie in § 101 näher beschrieben ist, mit Hefe angestellt. Sobald sich die ersten Anzeichen von Gärung bemerkbar machen, beginnt man mit der Tirage, d. h. mit dem Abziehen des Weines auf Flaschen, die man nur soweit füllt, daß zwischen

Wein und Kork noch ein Luftraum von annähernd 15 ccm, die sogen. Kammer, erhalten bleibt. Die fest verkorkten und mit Drahtbügeln (Agraffen) verschlossenen Flaschen kommen in die Gärräume, wo sie in wagerechter Lage zu größeren Stößen aufgestapelt werden. Die Gär-5räume müssen eine Lufttemperatur von etwa 15° C besitzen und so angelegt sein, daß sie gegen plötzliche Temperaturschwankungen geschützt sind. Zu starke Erwärmung der Gärräume ist nachteilig, weil dadurch die Absorptionsfähigkeit des Weines für Kohlensäure herabgesetzt und der Druck in den Flaschen zu hoch wird. Trotzdem die 10letzteren auf Druckfestigkeit geprüft werden, entstehen doch selbst in gut geleiteten Betrieben durch Flaschenbruch während der Gärung noch Verluste von 2—4 Prozent. Um diese nach Möglichkeit einzuschränken, wird die Druckentwicklung in den Flaschen durch Aufsetzen eines Manometers, des sogen. Aphrometers von MAUMENÉ, von Zeit zu Zeit 15gemessen. In der Regel erreicht der Druck in den Flaschen eine Höhe von 4—5 Atmosphären. Verschiedenheiten im Alkoholgehalt der Weine und der Größe der Zuckerung sollen auffallenderweise keine größeren Abweichungen im Druck der fertig vergorenen Weine bedingen, eine Erscheinung, die man früher durch die Annahme erklärt hat, daß die 20verschiedenen Weine ein verschiedenes Lösungsvermögen für Kohlensäure haben. MANCEAU (1) hat bei Druckmessungen aber gefunden, daß die Kohlensäuremengen, die von gleichen Raumteilen von Champagnerweinen bei 0° und 6 Atmosphären Druck in Lösung gehalten werden, annähernd gleich sind. Die gleichbleibende Druckhöhe in den Schaum-25weinen ist nach MANCEAU darauf zurückzuführen, daß der Zucker bei der Flaschengärung je nach der Höhe des Alkoholgehalts mehr oder weniger weitgehend vergoren wird.

Ist die Gärung beendet, so werden die Flaschen in kühlere Keller gebracht, mehrmals gut durchgeschüttelt und wieder in Stößen auf-30gesetzt. Die Weine lagern hier mindestens 1—2 Jahre, in manchen Kellereien auch noch länger. Die Hefe setzt sich während dieser Zeit auf der Unterseite der lagernden Flasche in Form eines langen Streifens ab. Um die Weine zu klären, muß sie zunächst auf dem Stopfen angesammelt werden. Man bringt die Flaschen zu diesem Zweck mit dem 35Hals nach unten gerichtet in die sogen. Rüttelpulte, wo sie von geübten Arbeitern mehrere Wochen hindurch täglich einmal in eine zitternde und zugleich drehende Bewegung versetzt werden. Die Hefe gleitet dabei nach und nach in schraubenförmiger Linie nach dem Stopfen hinunter und lagert sich daselbst an. Ist so völlige Klärung des Weines 40eingetreten, so gelangen die Flaschen mit nach unten gekehrtem Stopfen in die Degorgierhalle. Hier wird der Drahtverschluß gelöst, worauf durch den im Innern herrschenden Druck der Kork zusammen mit der daran haftenden Hefe herausgeschleudert wird. Durch schnelles Neigen und Wenden der Flaschen läßt sich dabei verhindern, daß 45größere Mengen von Wein ausfließen. Es folgt nun die „Dosage", bei der die Weine mit „Likör", einer Mischung aus Zucker, Wein und 5 bis 10 Proz. Cognac, versetzt werden. Je nach der Höhe dieses Likör-Zusatzes bezeichnet man die Schaumweine als trocken, halb trocken, süß oder sehr süß. Weine, die ohne Likör-Zusatz bleiben, heißen ganz trocken. 50Nach der „Dosierung" werden die Flaschen von neuem verkorkt und mit Drahtverschlüssen versehen. Näheres über die Technik findet man in den Handbüchern von BABO und MACH (1), SALLÉRON (1), A. DAL PIAZ (1) und WEINMANN (1).

Etwas abweichend von dem eben beschriebenen Verfahren ist die Herstellung von Schaumweinen aus Most. In Ober-Savoyen erzielt man nach Boiret (1) eine Art leichten Schaumweines (vin forcé) dadurch, daß man den Most in dicht schließenden, starkwandigen Fässern von etwa 50—60 l Inhalt, aus denen die Kohlensäure nicht entweichen kann, vergären läßt. Im Innern der Fässer entsteht infolgedessen ein hoher Druck, der nach einigen von Boiret (1) vorgenommenen Messungen unter Umständen bis auf 10 Atmosphären steigt und dazu führt, daß ein beträchtlicher Teil der Gärungs-Kohlensäure im Wein gelöst bleibt. Da die Gärung zum Stillstand kommt, bevor aller Zucker vergoren ist, behalten die fertigen Weine auch die nötige Süße. Sie dienen nach Boiret ausschließlich als Haustrunk und werden niemals längere Zeit aufbewahrt.

Besser entwickelt ist die Gärtechnik bei der Herstellung des sogen. Moscato d'Asti spumante, der in einigen Gegenden Ober-Italiens, insbesondere in den Provinzen Alessandria und Cuneo (Piemont), aus dem Safte der Muskat-Trauben gewonnen wird und meist unter dem Namen „Asti spumante" oder „Moscato spumante" in den Handel kommt. Bei der Bereitung dieses Schaumweines werden die frisch abgekelterten Moste zunächst mit Gelatine geschönt und nach dem Absetzen des Schönungstrubs sorgfältig filtriert. Die gekelterten Moste pumpt man in große, schwach eingeschwefelte Gärbehälter, um sie schon nach etwa 14 Tagen von dem entstandenen Hefentrub wieder abzuziehen und in neu eingeschwefelte Fässer zu bringen. Dieses Umfüllen wird während des Winters noch 3- bis 4-mal wiederholt, wobei die Weine nicht selten auch Zusätze von Calciumbisulfit erhalten. Die Gärung wird dadurch immer von neuem unterbrochen und bei der niedrigen Temperatur der Keller so verzögert, daß die Jungweine nach Mensio (4) schon klar geworden sind, wenn sie noch 10—15 Proz. Zucker enthalten. In diesem Zustande werden sie ohne Hefenzusatz in Champagnerflaschen gefüllt, die man mit Kork und Drahtbügeln verschließt und in ganz ähnlicher Weise behandelt wie bei dem französischen Verfahren der Schaumweinbereitung. Die nun einsetzende Flaschengärung verläuft außerordentlich langsam, was Strucchi und Zecchini (1) wohl irrtümlicherweise auf die niedere Temperatur und die antiseptische Wirkung der Kohlensäure zurückführen, während Meissner (4) den Mangel an Hefennährstoffen, insbesondere an Phosphorsäure, Kalium und Stickstoff, dafür verantwortlich macht. Mensio (4) bestätigt diese Angabe, soweit sie sich auf das Fehlen assimilierbarer Stickstoff-Verbindungen bezieht. Durch die Untersuchungen dieses Forschers ist festgestellt, daß der Gesamt-Stickstoff des Asti spumante während der Faßgärung auf die Hälfte bis ein Drittel der ursprünglichen Menge sinkt, Ammonsalze und Amidoverbindungen dabei vollkommen verschwinden, Albumosen und Peptone abnehmen, der Basen-Stickstoff dagegen bedeutend zunimmt. Wie Mensio (4) ermittelt hat, verringert sich durch die wiederholten Filtrationen auch die Zahl der Hefenzellen in beträchtlichem Grade. Die ganze Herstellungsart des Asti spumante beruht danach auf einer möglichst vollständigen Entfernung der Eiweißstoffe und Hefen durch wiederholtes Schönen und Filtrieren, wodurch die Gärungshemmung bei einem ziemlich hohen Zuckergehalt erzielt wird. In vielen Fällen dürfte freilich auch die Verwendung der Sulfite an der langsamen Gärung schuld sein.

In ganz derselben Weise wie den Asti spumante bereitet man nach Pacottet (1) die Schaumweine in einigen Gegenden Frankreichs, z. B. im Saumur-Gebiet, in Die (Drôme) und Limoux (Aude).

Von den Betriebsstörungen, die bei der Schaumweinbereitung auftreten, sei hier nur die Maskenbildung erwähnt, auf die schon auf S. 418 kurz hingewiesen ist. Sie liegt vor, wenn Teile des Hefendepots so fest an den Wandungen der Flaschen haften bleiben, daß sie sich beim Rütteln nicht loslösen. In der Industrie behauptet man vielfach, daß die Masken durch Mängel in der Beschaffenheit des Glases zustandekommen. Da in Betrieben, in denen die Flaschengärung nach dem Reinzuchtverfahren durchgeführt wird, Masken selten oder nie beobachtet werden, ist aber eher anzunehmen, daß die Erscheinung auf fehlerhaften Eigenschaften der Trubflora beruht. Dafür sprechen auch einige Beobachtungen von Kroemer (4). Auf das Blauwerden der Schaumweine wird auf S. 501 eingegangen werden.

§ 111. Das Abziehen und Klären der Weine.

Wenn sich der Wein nach beendeter Gärung geklärt hat, muß er von dem entstandenen **Trub** (Geläger) abgezogen und in ein anderes Faß umgefüllt werden. Dieser sogen. Abstich ist eine der wichtigsten Kellerarbeiten, von der die weitere Entwicklung des Weines in hohem Maße beeinflußt wird. Der Trub besteht der Hauptmenge nach zwar aus Hefen, enthält daneben in beträchtlicher Zahl aber auch andere im Most vorkommende Gärungserreger, vor allen Dingen Kahmpilze und Bakterien, ferner unbelebte, aus dem Wein ausgeschiedene organische Stoffe, Zellreste von Trauben, Weinstein und weinsauren Kalk. Von Bakterien dürften regelmäßig vorhanden sein die auf S. 474 beschriebenen Erreger des gesunden Säureabbaues, ferner nicht selten Milchsäure-Bakterien aus dem Verwandtenkreise des von Müller-Thurgau (19) aufgefundenen *Bacterium mannitopoeum* und jedenfalls auch noch andere, nicht näher bekannte Formen, von denen wir annehmen dürfen, daß sie die Selbstverdauung der Hefe beschleunigen, aber gegen höhere Säuregrade empfindlich sind. Durch die Lebensvorgänge dieser verschiedenen Organismen erleidet der ruhende Trub fortdauernd Veränderungen, die bald mehr, bald weniger tiefgreifend sind, je nachdem sie durch die chemische Zusammensetzung des Weines, die Temperatur und die Beschaffenheit der Trubflora begünstigt oder erschwert werden. Die in den Hefenzellen eintretenden Umsetzungen beruhen auf den im § 98 bezw. § 99 des Vierten Bandes beschriebenen Vorgängen der Selbstgärung und Selbstverdauung. Im Verlaufe der Selbstgärung verschwindet nach und nach das in den Hefen aufgespeicherte Glycogen, während bei der Selbstverdauung die in der Leibessubstanz der Hefe enthaltenen Eiweiß-Verbindungen und vielleicht auch die Membranen durch die Endotryptase angegriffen werden. Die Folge davon ist, daß die Zellen der Trubhefe in den Hungerzustand übergehen und schließlich in geringerer oder größerer Zahl absterben. Aus den hungernden und toten Zellen wandern Inhaltsbestandteile, darunter die Endotryptase und andere Stickstoff-Verbindungen, aus, die sich im Wein lösen und den Trubbakterien als Nährstoffe dienen. Für das Auftreten solcher Ausscheidungen sprechen nicht nur die Ergebnisse der im § 99 des Vierten Bandes besprochenen Untersuchungen und eine Wahrnehmung von Boetticher (2), sondern auch die von Amthor (1) und Weigert (1) nachgewiesene Tatsache, daß „Hefenpreßwein“ und „Hefenweine“, die aus Satzhefe von Jungweinen durch Abpressen oder Aufgießen von Zuckerwasser gewonnen werden, stets sehr reich an Stickstoff sind.

Während dieser Umsetzungen vollzieht sich nach den Beobachtungen von WORTMANN (10, 11, 12) in der Zusammensetzung der Trubflora allmählich ein Wechsel, der im wesentlichen darin besteht, daß sich in dem Maße, wie die Hefen geschwächt werden und absterben, die Bakterien vermehren. Dabei hängt es offenbar ganz von der Zusammensetzung und der Temperatur der Weine ab, welche Bakterienarten auftreten. In weichen, gerbstoffarmen Weinen, besonders in Apfelweinen, überwiegen jedenfalls Bakterienformen, welche die Auflösung der Hefe zum mindesten beschleunigen, wenn nicht sogar allein verursachen. Unter ihrer Wirkung kann die Hefe nach WORTMANN (1) in völlige Zersetzung übergehen und sich unter Umständen sogar bis auf kleine feinkörnige Reste auflösen. Allerdings stellt sich ein so weitgehender Zerfall der Hefe im praktischen Betriebe nur dann ein, wenn der Abstich, wie das bei der Bereitung von Apfelweinen noch vereinzelt der Fall ist, ganz unterbleibt. Die Folge davon ist fast immer, daß die Weine trüb und schleimig werden und einen äußerst unsauberen Geschmack annehmen. Da gleichzeitig stets die Säure der Weine zurückgeht, zeigen solche Weine nicht selten auch den Fehler des Schwarzwerdens, der auf der Ausscheidung von gerbsaurem Eisenoxyd beruht. Selbst wenn das Abstechen nur verspätet wird, machen sich diese Nachteile in der Regel bemerkbar, und zwar um so stärker, je weitgehender die Zersetzung des Hefentrubes beim Abziehen vorgeschritten war. Bei Obstweinen vermehrt sich bei verspätetem Abstich nach den Beobachtungen von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (6) nicht selten auch die Milchsäure und die flüchtige Säure, was auf die Tätigkeit von Bakterien aus der Gruppe des *Bacterium mannitopoeum* zurückzuführen ist.

Nach den übereinstimmenden Angaben von MÜLLER-THURGAU (1), WORTMANN (10), sowie MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (6) werden die angedeuteten Umsetzungen im Trub durch höhere Gär- und Lagertemperatur sowie geringen Alkohol- und Säuregehalt der Weine sehr begünstigt, so daß also bei weichen und leichten Weinen, wie z. B. bei manchen Obstweinen und geringen Traubenweinen, am meisten mit diesen Schädigungen zu rechnen ist.

Naturgemäß sind nicht alle im Trub vor sich gehenden Veränderungen für den Wein nachteilig. So ist es für saure Weine nur vorteilhaft, daß die Erreger des gesunden Säureabbaues durch die bei der Selbstverdauung der Hefe vom Wein aufgenommenen Trubstoffe im Wachstum begünstigt werden. Ebenso kommt dem Ausbau des Weines in manchen Fällen zustatten, daß die ruhenden Hefen des Trubs durch Flächenanziehung schönend wirken, was sich nach NESSLER (4) und WORTMANN (1) an der Braunfärbung der Zellwände bei den Trubhefen deutlich zu erkennen gibt und auch aus der Tatsache hervorgeht, daß Hefe in gewissen Fällen der Kellerpraxis als Schönungsmittel benutzt wird. Ob der bei der Selbstgärung sich vollziehende Stoffwechsel günstig auf die Beschaffenheit der Weine einwirkt, ist noch fraglich. Der Abbau des in den Trubhefen enthaltenen Glycogens kann nach den Untersuchungen von BOETTICHER (2) zu einer analytisch nachweisbaren Erhöhung des Alkoholgehaltes schon deswegen nicht führen, weil von diesem Reservestoff auch im günstigsten Falle nur etwa 0,05 g auf 100 ccm Wein zur Verfügung stehen. Mit dieser Feststellung entfällt auch die Möglichkeit, daß aus dem Glycogen der Trubhefen andere für den Wein wichtige Stoffe in beachtenswerter Menge entstehen. Der Abbau der fixen

Säuren, den die ruhenden Hefen selbst herbeiführen, ist nach den Ausführungen auf S. 473 für den Ausbau des Weines ebenfalls unwesentlich. Dagegen ist es nach den auf S. 462 u. 464 erwähnten Untersuchungen von Osterwalder (1) und Kayser und Demolon (3) denkbar, daß die Trubhefen unter Umständen noch etwas Acetaldehyd und flüchtige Säure erzeugen. Für gewöhnlich wird allerdings auch hierdurch die Güte des Weines kaum beeinflußt werden, weil den Hefen der Sauerstoff, der zur Bildung dieser Verbindungen notwendig ist, in weitaus den meisten Fällen nicht zur Verfügung stehen dürfte.

Für die Bestimmung der *Abstichzeit* sind diese Verhältnisse von größter Bedeutung. Wie Wortmann (10) hervorgehoben hat, muß der Trub unter allen Umständen aus dem Weine entfernt werden, wenn er nach seinem physiologischen Zustande die Entwicklung des Weines nicht mehr fördern kann. Da die Weine und der in ihnen enthaltene Trub verschieden zusammengesetzt sind, und auch die Gär- und Lager-Temperatur in den praktischen Betrieben außerordentlich wechselt, wird sich dieser Zustand bei den einzelnen Weinen auch zu verschiedener Zeit einstellen, so daß es unrichtig wäre, Jungweine verschiedener Gegenden und verschiedener Jahre zu gleicher Zeit abzustechen. Nach den Beobachtungen von Müller-Thurgau (1) und Wortmann (1) müssen geringe und säurearme Weine stets möglichst früh abgezogen werden. Bei weichen Obstweinen empfiehlt es sich nach Müller-Thurgau und Osterwalder (6) sogar, die Hefe vom Wein zu trennen, bevor noch die letzten Zuckerreste vergoren sind, weil die Weine infolge der dann eintretenden Nachgärung länger ihre Frische behalten. Schwere extraktreiche und sehr saure Weine können nach den genannten Forschern ohne Nachteil etwas länger auf der Hefe bleiben. Sicher läßt sich die richtige Abstichzeit nach den Forschungen von Wortmann (10) immer nur dann ermitteln, wenn man den physiologischen Zustand des Trubs als Maßstab wählt. Da man annehmen kann, daß sich nachteilige Umsetzungen im Trub im allgemeinen erst dann einstellen werden, wenn das Glycogen aus den Trubhefen verschwunden ist, ist nach Wortmann (10) der geeignete Zeitpunkt für den Abstich dann gekommen, wenn ungefähr zwei Drittel der im Trub vorhandenen Hefenzellen ihr Glycogen verloren haben, wobei das verschiedene Alter der Hefenzellen und die Erfahrung berücksichtigt sind, daß in einem völlig glycogenfrei gewordenen Trub sich in der Regel schon Zersetzungserscheinungen zeigen.

In der Kellerpraxis richtet man sich bei der Bestimmung der Abstichzeit gewöhnlich noch nach äußeren Merkmalen, wie z. B. nach dem Grade der Klärung und der Kohlensäure-Entwicklung der Weine, meist auch nach dem Befund von Kostproben.

Um die günstigen Wirkungen der Trubhefe voll zur Geltung zu bringen, wird der Trub vielfach einige Zeit vor dem Abstich nochmals „aufgeschlagen", was sich aber nur dann empfiehlt, wenn der Trub rein und noch gesund ist. Ueber die Technik des Abstichs vergleiche man die Handbücher von Babo und Mach (1), Nessler (1) und die für französische Verhältnisse giltigen Beschreibungen von Brunet (1) und Sémichon (2).

In Verbindung mit dem Abstich werden die Weine stets *eingeschwefelt*, was man durch Einbrennen der Fässer oder durch Zusatz von verflüssigter schwefliger Säure bewirkt. Dem ersten Abstich folgen von Zeit zu Zeit noch weitere Abstiche, da sich in den Weinen, allerdings in allmählich abnehmender Menge, immer wieder von neuem

ein Bodensatz aus Hefe, Weinstein oder anderen Stoffen bildet. Die Zahl und die Ausführung der Abstiche richten sich ganz nach der jeweiligen Beschaffenheit der Weine. Kleine Jahrgänge werden in der Regel nur zweimal, bessere Weine dagegen drei- bis viermal abgestochen. Gleichzeitig werden die Weine immer wieder von neuem, nach und nach allerdings in schwächerem Grade, eingeschwefelt, wodurch der Gehalt der Weine an gesamtschwefliger Säure in der Regel auf 0,5—10 mg in 100 ccm steigt. In stark eingebrannten Weinen sind bis 20 mg, manchmal, so in vielen süßen Ausleseweinen, sogar 35—50 mg Schwefeldioxyd in 100 ccm enthalten. Neben der konservierenden Wirkung der schwefligen Säure kommt für ihre Verwendung beim Ausbau des Weines auch ihre entfärbende Kraft in Betracht. Man vergleiche dazu die Ausführungen auf S. 449.

Die Veränderungen, die sich während des **Faßlagerns** im Wein vollziehen, sind z. T. durch rein chemische, z. T. durch physiologische Vorgänge bedingt. Die rein chemischen Umsetzungen pflegt man auf Grund der Angaben von Pasteur (2 u. 3), Mach und Portele (4) und anderen Forschern in erster Linie auf die *oxydierenden Wirkungen* des Luftsauerstoffs zurückzuführen. Sicher ist auch, daß jeder Wein von der Luft stark beeinflußt wird. Weißweine dunkeln bei ungehindertem Luftzutritt nach, bilden Niederschläge, verlieren an Bouquet und nehmen einen besonderen Geschmack an, den man in der Praxis geradezu als „Luftgeschmack“ bezeichnet. In ganz ähnlicher Weise wirkt die Luft auf Rotweine ein. Inwieweit bei diesen Veränderungen Enzyme beteiligt sind, ist noch ebenso ungeklärt wie die Frage, ob derartige Oxydations-Vorgänge oder andere rein chemische Umsetzungen für das Ausreifen der Weine überhaupt von wesentlicher Bedeutung sind. Im Zusammenhang damit mag erwähnt sein, daß die Versuche, die Entwicklung der Weine durch *Ozonisieren* und *Elektrisieren* zu beschleunigen, wie Muth (1) festgestellt hat, brauchbare Ergebnisse bisher nicht geliefert haben; man vergleiche dazu auch die Angaben auf S. 457 des Ersten Bandes. Andererseits ist sicher, daß man bei der Herstellung leichter, spritziger Weine, wie z. B. der Moselweine, heute sich sehr bemüht, jede unnötige Berührung des Weines mit der Luft zu vermeiden und deshalb die Weine auch mit Hilfe von Pumpen oder Blasebälgen absticht.

Die *physiologischen Vorgänge*, die sich während des Faßlagerns im Wein vollziehen, bestehen in der Tätigkeit von Gärungsorganismen, deren Entwicklung durch Sauerstoffzutritt zum Teil sicher außerordentlich gefördert wird. Nach Wortmann (1 u. 5) handelt es sich dabei im wesentlichen um die Arbeit von Hefen, Kahmpilzen und Bakterien. Je nachdem sich die eine oder die andere Gruppe dieser Gärungserreger während der Lagerzeit begünstigt zeigt, wird sich der Wein auch bald mehr, bald weniger vorteilhaft entwickeln. Daher muß durch geeignete Kellerbehandlung in erster Linie dafür Sorge getragen werden, daß die Vermehrung von Kahmpilzen und Essigsäure-Bakterien im lagernden Wein so gut wie ausgeschlossen und die Organismen-Tätigkeit überhaupt gemäßigt bleibt. Es läßt sich das durch ständiges Nachfüllen der Fässer, mäßiges Einschwefeln, tiefere Kellertemperatur und ein gewisses Maß von Luftfeuchtigkeit im Lagerkeller noch am besten erreichen. Man vergleiche dazu die Ausführungen von Wortmann (1 u. 5) und Windisch (3).

Gesunde, bessere Weine klären sich auf dem Lager bei richtiger

Kellerbehandlung von selbst allmählich so weit, daß sie ohne besondere Eingriffe auf die Flasche gebracht werden können. Mittlere und kleine Weine müssen künstlich geklärt werden, was man entweder durch Schönen oder durch Filtrieren erreicht. Beim **Schönen** werden im Wein Niederschläge (Schönungsflocken) erzeugt, welche die Trubstoffe durch Oberflächenwirkung anziehen und mit zu Boden reißen. Als Schönungsmittel benutzt man Hausenblase, Gelatine, Milch oder Milchcasein, frisches oder getrocknetes Hühner-Eiweiß, spanische Erde und verschiedene Kohlenpulver. Hausenblase, Gelatine und Eiweiß, die dem Wein in kolloidaler Lösung zugesetzt werden, gehen mit dem Gerbstoff des Weines eine unlösliche Adsorptionsverbindung ein. Der Käsestoff der Milch und das Natriumcaseinat des Handels (Casein, Lactocoll) werden durch die Säuren des Weines ausgefällt. Spanische Erde, eine Art sehr feinen Tons von rötlich grauer Farbe, und Kaolin wirken teils mechanisch, teils durch die Entbindung von Kieselsäure, die sich voluminös ausscheidet. Der Einfluß der Schönungsmittel auf die chemische Zusammensetzung des Weines bedarf hier nicht der Erörterung; man findet neuere Angaben darüber in einer Arbeit von C. von der Heide (4). Dagegen muß die Einwirkung der Schönung auf den Organismengehalt und die mykologische Entwicklung des Weines noch gestreift werden.

Wie ohne weiteres verständlich ist, vermindert sich bei jeder Schönung der Keimgehalt des Weines. Daß es sich hierbei nicht um eine unwesentliche Erscheinung handelt, beweist die große Zahl von Organismen, die in Jungweinen noch enthalten sind. Müller-Thurgau (20) fand in einem in schwacher Nachgärung begriffenen Apfelwein im Liter 216 Millionen hefenartige Pilze und 1420 Millionen Bakterien. Ein als ziemlich gut angesprochener Birnwein enthielt zwar wenig hefenartige Pilze, dagegen im Liter etwa 850 Millionen Milchsäure-Bakterien und ungefähr 5000 Millionen andere Bakterienarten. In welchem Grade sich diese Keimzahlen bei einer Schönung erniedrigen, läßt sich aus einigen Versuchen von Kroemer (5) entnehmen. In einem Flaschenwein, der im Liter 8,7 Millionen gelatinewüchsige Keime enthielt, war die Anzahl der Keime nach einer Hausenblasenschönung auf 1937000, nach einer Gelatineschönung auf 880000 zurückgegangen, so daß also durch die Schönung rund 80—90 Proz. der vorhandenen Keime aus dem Wein beseitigt wurden. Wie Müller-Thurgau (20) festgestellt hat, wird der Ausbau der Weine durch diese bei der Schönung eintretende Verminderung des Keimgehaltes in der Regel beschleunigt und günstig beeinflußt. Selbst Veränderungen, die ausschließlich auf der Entwicklung von Bakterien beruhen, wie der Säureabbau, das Zähewerden und der Milchsäurestich, lassen sich nach den Beobachtungen dieses Forschers durch rechtzeitig und richtig ausgeführte Klärung des Weines oft unterdrücken. Dabei mag neben der Beseitigung der Gärungserreger freilich auch die Entfernung der im Wein verteilten kolloidalen Stoffe im günstigen Sinne einwirken. Wenn die Schönungen in mykologischer Hinsicht Erfolg haben sollen, ist es allerdings notwendig, daß die Weine rechtzeitig vom Schönungstrub abgestochen und nach dem Schönen schwach eingeschwefelt werden. Geschieht das nicht, dann stellt sich in dem eiweißreichen Schönungstrub eine vermehrte Bakterienentwicklung ein, die den günstigen Einfluß der Schönung bald in sein Gegenteil verkehrt. Aus ähnlichen Gründen wird auch die Milch als Schönungsmittel nicht mehr empfohlen, weil man glaubt, daß sich die Milchbakterien im Wein namentlich bei Säuremangel und Anwesenheit

von unvergorenem Zucker leicht weiter vermehren und nachteilige Umsetzungen herbeiführen. Als besonders gefährlich gelten in dieser Hinsicht die Buttersäure-Bakterien, doch sollen nach den Angaben von SEIFERT und HAID (2) auch typische Milchsäure-Bakterien der Milch imstande sein, durch Abbau der Aepfelsäure und Bildung von Milchsäure aus Zucker die Zusammensetzung des Weines nachteilig zu beeinflussen. Man vergleiche damit die Angaben von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (4) und die Ausführungen über die Erreger des Milchsäurestichs im nächsten Kapitel.

Kleinere und mittlere Weine werden in neuerer Zeit nicht mehr geschönt, sondern über Zellulose oder Asbest **filtriert**. Die Einrichtung der verschiedenen Weinfilter, auf die hier nicht eingegangen werden kann, ist aus den Beschreibungen von SCALA (1), sowie aus den Handbüchern von BABO und MACH (1), NESSLER (1) und MEISSNER (1) zu ersehen. Ueber die Wirkung der einzelnen Filter auf den Organismengehalt vergleiche man die auf S. 406 gemachten Angaben über die Untersuchungen von LOPRIORE (1), aus denen in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von LAFAR (2) über das Enzinger-Filter hervorgeht, daß durch die Filterschicht Bakterien vielfach in großer Zahl hindurchgehen, während die Alkoholhefen stark zurückgehalten werden. Mit dem vorzüglich wirkenden Asbestfilter von SEITZ lassen sich die Hefen aus den Weinen nach den Beobachtungen von KROEMER (5) fast völlig entfernen.

§ 112. Der Ausbau der Weine auf der Flasche. Das Sterilisieren der Weine.

Auch der bestgeklärte Wein enthält in größerer oder geringerer Anzahl noch lebende Organismen. Wie WORTMANN (5) zuerst betont hat, beeinflussen diese Keime die Entwicklung und Haltbarkeit des Weines in hohem Maße. Wenn ihre Vermehrung in den richtigen Grenzen gehalten wird, ist ihre Tätigkeit für den endgültigen Ausbau des Weines durchaus günstig. Beim Abziehen auf die Flasche verliert jeder Wein geschmacklich etwas an Feinheit. Er wird, nach dem Ausdruck der Praxis, zunächst „flaschenkrank". Daß dieser Fehler nach einiger Zeit wieder verschwindet, ist nach WORTMANN (5) in der Hauptsache darauf zurückzuführen, daß die im Wein enthaltenen Organismen beim Abfüllen durch den Sauerstoff der Luft zu verstärkter Tätigkeit angeregt werden. Noch deutlicher zeigt sich der günstige Einfluß der Weinorganismen auf die Flaschenreife in all den Fällen, in denen saure leichte Weine erst auf der Flasche ihre Säure abbauen, eine Erscheinung, die bei Mosel- und Saarweinen nicht zu den Seltenheiten gehört.

Die Organismen-Entwicklung ist in den Flaschenweinen naturgemäß um so lebhafter, je früher sie abgefüllt werden. Bei Moselweinen und Weinen ähnlicher Gattung, die gewöhnlich schon nach einem Jahre auf die Flasche gebracht werden, ist sie häufig so stark, daß sich in der Flasche ein neues Depot bildet, welches durch Rütteln und Degorgieren oder durch Umfüllen und Filtrieren aus den Weinen wieder entfernt werden muß.

Mit zunehmender Dauer des Flaschenlagerns vermindert sich die Zahl der lebenden Keime in den Weinen allerdings in erheblichem Grade, was WORTMANN (5) damit erklärt, daß in gut verschlossenen Flaschenweinen sehr bald Sauerstoffmangel eintritt, der die weitere Vermehrung der Hefen, Kahmpilze und Bakterien verhindert. Einzelne Keime können sich

in ruhendem Zustande jedoch auch in sehr alten Flaschenweinen noch lebend erhalten, wie zuerst Wortmann (5) beobachtet hat. In neuerer Zeit ist es Gayon und Dubourg (2) sogar gelungen, in 80- bis 100-jährigen Bordeaux-Weinen ruhende, aber in geeigneten Nährlösungen noch ver-
5 mehrungs- und gärfähige Hefen, ferner in einigen Fällen auch lebende Kahmpilze, Schimmelpilzsporen und Bakterien aufzufinden.

Fertige Weine können durch den Stoffwechsel von Gärungsorganismen allerdings auch in ungünstigem Sinne beeinflußt werden, wie schon daran zu ersehen ist, daß jeder Wein nach einer bestimmten Zeit an Qualität
10 verliert. Je nach der Zusammensetzung, der Organismenflora und der Aufbewahrungsart der Weine beginnt dieser Rückgang bald früher, bald später. Kleine extraktarme Landweine, die sich früh ausbauen, haben den Höhepunkt ihrer Entwicklung nach C. von der Heide (5) oft schon nach 1—2 Jahren überschritten. Gute körperreiche Tischweine, die 2 bis
15 3 Jahre zur Reife brauchen, bewahren ihre Güte etwa 10—20 Jahre ohne merkbare Qualitätsverminderung. Sind unter den Weinorganismen in größerer Zahl Kahmpilze vertreten, und finden diese die Möglichkeit zu stärkerer Vermehrung, dann stellt sich der Rückgang in der Güte der Weine, wie Wortmann (5) gezeigt hat, aber weit früher ein. Unter
20 allen Umständen wird die Haltbarkeit der Weine stark beeinträchtigt, wenn der Sauerstoff zu ihnen Zutritt hat, weil in diesem Falle nicht nur die rein chemischen Veränderungen, sondern auch die Lebensvorgänge der verschiedenen Weinorganismen zu sehr begünstigt werden. Aus diesem Grunde sind auch Holzfässer, durch deren Wandungen die Luft un-
25 gehindert diffundieren kann, zur längeren Aufbewahrung von Weinen ungeeignet. Ebenso erklärt sich die bekannte Tatsache, daß Weine sich auf der Flasche nur dann längere Zeit auf der Höhe ihrer Reife halten, wenn sie durch einen möglichst dicht schließenden Kork vor der Berührung mit der Luft geschützt werden.

30 Das Verfahren, die Weine durch Erwärmen zu sterilisieren oder, wie der Fachausdruck heißt, zu pasteurisieren, ist aus dem Bestreben hervorgegangen, die Weine vor den eben angedeuteten nachteiligen Veränderungen zu bewahren und haltbarer zu machen. Wie auf S. 548 des Ersten Bandes angegeben ist, hat Pasteur (2) die Sterilisation
35 in die Kellerwirtschaft eingeführt, nachdem er ihre Wirksamkeit an Burgunderweinen erprobt hatte. Die großen Hoffnungen, die man in Frankreich ursprünglich auf das Pasteurisieren der Weine gesetzt hat, sind freilich nicht in vollem Umfange in Erfüllung gegangen, wenn die Forschungen von Gayon (1), Müller-Thurgau (21), Schulze (1) und
40 Laborde (4) und die praktischen Erfahrungen auch ergeben haben, daß das Pasteurisieren wirklich ein geeignetes Mittel darstellt, Weine schneller haltbar und flaschenreif zu machen. Aus diesem Grunde ist das Verfahren auch vielfach für Weine empfohlen worden, die nach den Tropen verschickt werden und höhere Wärmegrade ohne nachteilige
45 Veränderungen aushalten sollen. Ebenso steht fest, daß das Pasteurisieren bei der Beseitigung gewisser Weinkrankheiten, wie des Essigstichs, nicht zu entbehren ist. Trotzdem wird es nur in Frankreich und in einigen südlichen Weinländern in etwas größerem Umfange angewendet. Man pasteurisiert auch dort vorzugsweise Rotweine, und zwar mehr in der
50 Absicht, diese Weine gegen Essigstich und andere Bakterienkrankheiten zu schützen, als zu dem Zweck, den Ausbau des Weines zu beschleunigen. Für feinere Weißweine, die erst auf der Flasche ihre volle Entwicklung erreichen, ist das Pasteurisier-Verfahren nicht geeignet, wie schon aus

den Angaben über die Flaschenreife auf S. 487 zu entnehmen ist. Das Verfahren verbietet sich in diesem Fall auch deswegen, weil es gewöhnlich zu Trübungen und Verlusten an Bouquetstoffen Veranlassung gibt.

Zweckmäßig ist das Pasteurisieren nach Müller-Thurgau (20) dagegen für die leichten und alkoholarmen Landweine der Schweiz, die 5 längeres Lagern im Fasse nicht vertragen und sich auch durch frühzeitiges Abfüllen nicht mit Sicherheit frisch erhalten lassen. Bei Anjou-Weinen, die offenbar ähnliche Beschaffenheit zeigen, hat auch Moreau (1) gute Erfolge mit dem Pasteurisieren erzielt. Ebenso können Rotweine ohne merkbaren Nachteil für ihre Qualität sterilisiert werden, wie in 10 Frankreich Pasteur (2), Gayon (1), Mathieu (5) und Laborde (4) nachgewiesen haben und Neubauer (3) auch für deutsche Ahr-Rotweine festgestellt hat. Zweckmäßig ist das Pasteurisieren schließlich für leichte Obst- und Beerenweine, die auf dem Lager nicht haltbar sind.

Was die Temperatur anbetrifft, bei der das Pasteurisieren 15 ausgeführt werden soll, so hat schon Pasteur (2) angegeben, daß es genügt, die Weine etwa eine Minute lang auf 55 bis 60° C zu erhitzen. Bei höherer Temperatur kann die Erhitzungsdauer abgekürzt werden, bei tieferen Wärmegraden muß sie verlängert werden. Daher empfiehlt Laborde (4) eine 15 Sekunden lange Erwärmung auf 65° C, 20 während Müller-Thurgau (21) vorschlägt, die Weine 15 Minuten hindurch einer Temperatur von 55° C auszusetzen. Hinreichende Sterilisation erzielt man nach den Beobachtungen von Schulze (1) aber auch schon bei 45° C, und zwar bei Weinen verschiedenen Alkoholgehaltes, sofern diese Temperatur 2 Stunden hindurch auf den Wein einwirkt. In 25 der Praxis erhitzt man die Weine gewöhnlich 1—2 Minuten lang auf 65° C, jüngere Weine auch noch auf etwas höhere Temperaturen. Schwerere Weine werden im allgemeinen etwas stärker, leichtere Weine etwas schwächer erhitzt, worüber Malvezin (1) und Sémichon (2) nähere Angaben gemacht haben. Bei der Ausführung der Pasteurisierung wird 30 stets darauf geachtet, daß die erhitzten Weine nicht mit der Luft in Berührung kommen, weil sie sonst Kochgeschmack annehmen. Auf Grund der Erfahrungen von Rosenstiehl (7) und Kühn (1) sucht man das in neuerer Zeit in der Weise zu erreichen, daß man die Weine in einer Kohlensäure-Atmosphäre oder unter Kohlensäure-Druck erhitzt und dafür 35 sorgt, daß sich der Wein vor dem Verlassen des Apparates wieder abkühlt.

Der Pasteurisierung werden sowohl Faß- wie Flaschenweine unterworfen. Für beide Fälle steht heute eine große Anzahl von verschiedenen Apparaten zur Verfügung. Die Pasteurisierapparate für Faßweine sind fast sämtlich nach dem Gegenstromprinzip gebaut. Ihr wesentlichster Teil, 40 der Sterilisationsraum, besteht entweder aus einem Kessel (Apparat von Kühn), einem Schlangenrohr (Apparate von Fromme, Bourdil, Gasquet und Périllot), einem Bündel gerader Rohre (Apparat von Houdart), einer Batterie von konzentrischen Hohlzylindern (Apparat von Raulin), einem spiralig gewundenen Behälter (Apparat Salvator) oder aus einer großen 45 Anzahl von niedrigen, durch ein Plattensystem gebildeten Kammern (Apparate von Malvezin und Depaty). Die Erwärmung der Sterilisationsbehälter erfolgt durch Dampf oder heißes Wasser. Zum Pasteurisieren von Flaschenweinen dienen mit Wasser gefüllte Pasteurisierkessel, in denen die Flaschen aufrecht stehend oder liegend, unter Sicherung der 50 Stopfen durch Blechverschlüsse, mittels direkter Feuerung oder Zuleitung von Dampf auf die erforderliche Temperatur erhitzt werden. Nähere Beschreibungen der verschiedenen zum Pasteurisieren von Weinen not-

wendigen Einrichtungen finden sich in den Veröffentlichungen von GAYON (1) und in den Handbüchern von BABO und MACH (1), DAHLEN (2), NESSLER (1) und SÉMICHON (2). Die älteren Apparate hat PASTEUR (2) beschrieben.

Literatur

zum Kapitel Hauptgärung und Nachgärung des Weines.

*Ambühl, (1) Biedermanns Centralbl., 1881, 10. Jahrg., S. 503. *Amthor, C., (1) Z. f. angew. Chemie, 1890, Bd. 4, S. 27. *Ashdown, O. E., und Hewitt, J. T., (1) Journal Chemical Society, 1910, Bd. 97, S. 1636. *Astruc, H., (1) Revue de Viticulture, 1911, Bd. 36, S. 295. *Audoynaud, M. A., (1) Assoc. franç. pour l'avancement des sciences, Sess. XVII, I, 1888, S. 246; ref. in Justs Botan. Jahresbericht, 1889, Jahrg. 17, 1. Abt., S. 327. *Babo, L. von, (1) Annalen der Oenologie, 1870, Bd. 1, S. 16. *Babo und Mach, (1) Handbuch des Weinbaus und der Kellerwirtschaft. Erster Band (2 Halbbände), Weinbau, 3. Aufl., Berlin 1909 u. 1910; Zweiter Band, Kellerwirtschaft, 4. Aufl., Berlin 1910. *Baragiola, W. I., und Godet, Ch., (1) Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene. Veröff. v. Schweiz. Gesundheitsamt, 1912, Bd. 3, S. 105. — (2) Ebenda S. 235. *Barth, H., (1) Die Obstweinbereitung. 4. Aufl., Stuttgart, S. 31. — (2) Weinlaube, 1885, Bd. 17, S. 97. — (3) Forschungsberichte über Lebensmittel etc., 1894, Bd. 1, S. 162. *Bassermann-Jordan, F., (1) Geschichte des Weinbaus. Frankfurt 1907. *Béchamp, A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1863, Bd. 56, S. 969 u. 1184. *Becker, H., (1) Zeitschr. f. öffentl. Chemie, 1912, Bd. 18, S. 325. *Behrens, J., (1) Ber. d. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg f. 1902. Karlsruhe 1903. — (2) Weinbau u. Weinhandel, 1903, S. 353. — (3) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1905, Bd. 23, S. 50. — (4) Ber. d. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg f. 1903, S. 27. — (5) Ref. in Kochs Jahresb., 1903, Bd. 14, S. 251. *Bergmann, E., (1) Chem. Centralbl., 3. Reihe, 1883, Bd. 14, S. 184. *Bersch, J., (1) Wiener landw. Zeitung, 1881, Bd. 31, S. 579; ref. in Biedermanns Centralbl., 1882, Jg. 11, S. 340. *Bersch, J., und Weigert, L., (1) Der Weinbau, 1880, Bd. 6, S. 103. *Berthelot, M., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1863, Bd. 57, S. 231, und 1879, Bd. 88, S. 625; Ann. de chim. et de phys., 1864, 4. sér., Bd. 1, S. 327. *Biourge, Ph., (1) La Cellule, 1895, Bd. 11, S. 95. *Blankenhorn, A., (1) Annalen der Oenologie, 1872, Bd. 2, S. 432. — (2) Ebenda, 1878, Bd. 7, S. 157. — (3) Ebenda, 1872, Bd. 2, S. 157. *Blankenhorn, A., und Moritz, J., (1) Annalen der Oenologie, 1873, Bd. 3, S. 1. *Blankenhorn, A., und Rösler, L., (1) Annalen der Oenologie, 1870, Bd. 1, S. 21, 215 u. 408. *Blarez, Ch., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1903, Bd. 137, S. 64. *Böhi, A., (1) Ein neues Verf. zur Herstell. alkoholfreier Obst- u. Traubenweine. Frauenfeld 1912. *Boetticher, H., (1) Jahresber. d. Kgl. Lehranstalt f. Wein-, Obst- und Gartenbau in Geisenheim f. 1905. Berlin 1906, S. 244. — (2) Ebenda, S. 252. *Boiret, H., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 242. *Bouffard, A., (1) Progrès agricole et viticole, 1891. — (2) Cit. n. Dupont und Ventre (1). *Bouffard, A., und Sémichon, L., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1898, Bd. 126, S. 423; Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 377, und Bd. 10, S. 339. *Boussingault, J., (1) Agronomie, Chimie agricole et Physiologie, 1868, Bd. 4, S. 229. *Brunet, R., (1) Revue de Viticulture, 1912, Bd. 38, S. 592 u. 749. *Brunner, H., und Brandenburg, R., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1876, Bd. 9, S. 982. *Brunner, H., und Chuard, E., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1886, Bd. 19, S. 595. *Buchner, E., und Meisenheimer, J., (1) Ber d. Deutsch. Chem. Ges., 1910, Jg. 43, S. 1773. *Carlès, P., und Nivière, S., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 125, S. 452. *Chuard, E., (1) Chronique agricole du Canton de Vaud, 1905, Bd. 18, S. 119 u. 149. *Chuard, E., und Jaccard, M., (1) Chem.-Ztg., 1894, Bd. 18, S. 702. *Claudon, E., und Morin, E. Ch., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1887, Bd. 104, S. 1187. *Comboni, E., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1896, Bd. 29, S. 815. *Cordier, A., (1) Revue de Viticulture, 1906, Bd. 25, S. 125. — (2) Ebenda, 1899, Bd. 12, S. 15. *Coudon, H., und Pacottet, P., (1) Revue de Viticulture, 1901, Bd. 15, S. 121. *Czéh, A., und Müller-Thurgau, H., (1) Weinbau und Weinhandel, 1888, Bd. 6, S. 121. *Dahlen, H. W., (1) Annalen der Oenologie, 1878, Bd. 7, S. 160. — (2) Die Weinbereitung. Braunschweig 1878. *Delle, E., (1) Moniteur vinicole, 1907, Bd. 52, S. 85; 1909, Bd. 54, S. 206. — (2) Ebenda, 1909, Bd. 54, S. 26. *Dubourg, E., (1) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 467. *Duclaux, E., (1) Annales de l'Ecole normale supérieure, 1866, Bd. 2; cit. n. Laborde (1). — (2) Ann. Pasteur, 1892, Bd. 6, S. 593. — (3) Traité de Microbiologie, 1900, Bd. 3, S. 415. *Dupont, E., und Ventre, J., (1) Annales de l'Ecole nation. d'agriculture de Montpellier, Nouv. Série, 1907, Bd. 7, S. 136. *Effront, J., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1894, Bd. 119, S. 92. — (2) Ebenda, 1908, Bd. 146, S. 779. *Ehrlich, F., (1) Biochem. Zeitschrift, 1909, Bd. 18, S. 391. — (2) Landw. Jahr-

bücher, 1909, Bd. 38, Ergänzungsbd. V, S. 289. — (3) Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zuckerindustr., 1905, Bd. 55, S. 539; 1906, Bd. 56, S. 1145; Biochem. Zeitschr., 1906, Bd. 2, S. 52. — (4) Ber. der Deutsch. Chem. Ges., 1906, 39. Jg., S. 4072. — (5) Ebenda, 1907, 40. Jg., S. 1027 u. 1046. *Ehrlich, F., und Jacobsen, K. A., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1911, 44. Jg., S. 888. *Ehrlich, E., und Pistschimuka, P., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1912, 45. Jg., Bd. 1, S. 1006. *Ergebnisse der amtlichen Weinstatistik (1) In: Arb. Kais. Ges.-Amt, 1904, Bd. 22, bis 1912, Bd. 42. *Erlenmeyer, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1877, Bd. 10, S. 634. *Farnsteiner, K., (1) Forschungsber. über Lebensmittel etc., 1897, Bd. 4, S. 8. *Fernbacher, J., (1) Bayer. Brauer-Journal, 1901, Bd. 11, S. 516. *Fonseca, A., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1896, Bd. 29, S. 588. *Fonseca, A., und Chiaromonte, (1) Staz. sperim. agr. ital., 1893, Bd. 25, S. 20. *Forti, C., (1) La Bière, 1897, Bd. 5, S. 9; ref. in Kochs Jahresb., 1897, Bd. 8, S. 99. *Galler, H., (1) III. Bericht d. Weinbau-Versuchsanstalt Weinsberg f. 1905. Weinsberg 1906, S. 101. *Gautier, A., und Halphen, G., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1903, Bd. 136, S. 1373. *Gayon, U., (1) Expériences sur la pasteurisation des vins de la Gironde. Extr. d. mém. de la Soc. des sciences phys. et nat. de Bordeaux, Bd. 4, 4. sér., Bordeaux 1894; vergl. Revue internat. de Viticulture et d'Oenologie, Bd. 1, S. 234. *Gayon, U., und Dubourg, E., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1890, Bd. 110, S. 865. — (2) Revue de Viticulture, 1912, Bd. 38, S. 5. *Gelm, G., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1897, Bd. 30, S. 294 u. 302. *Gimel, G., (1) Moniteur vinicole, 1911, Bd. 56, S. 266. *Gren, K. A., (1) Ber. d. Lehranstalt f. Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1906. Berlin 1907, S. 218. *Grünhut, L., (1) Die Chemie des Weines. Stuttgart 1897. *Günther, A., (1) Die Gesetzgebung des Auslandes über den Verkehr mit Wein. Berlin 1910. *Haas, B., (1) Z. f. Nahrungsmittel-Unters. etc., 1890, Bd. 3, S. 241. — (2) Weinlaube, 1879, Bd. 11, S. 146. *Haid, R., (1) Zeitschr. f. Gärungsphysiologie, 1912, Bd. 2, S. 107. *Halphen, G., (1) Ann. chim. appl., 1903, Bd. 8, S. 246. *Hansen, E. Chr., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1902, Bd. 5, S. 68. *Hayduck, M., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1882, Bd. 5, S. 183. *von der Heide, C., (1) In: Babo und Mach (1), Bd. 2. — (2) Mitteilungen d. Deutsch. Weinbauvereins, 1907, Bd. 2, S. 380. — (3) Jahresbericht d. Lehranstalt f. Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1911, S. 188. — (4) Z. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1912, Bd. 24, S. 253 u. 624. — (5) In: R. O. Herzog, Chemische Technologie der organischen Verbindungen. Heidelberg 1912, S. 274. *von der Heide, C., und Baragiola, W. I., (1) Landw. Jahrbücher, 1910, Bd. 39, S. 1021. *von der Heide, C., und Schwenk, E., (1) Zeitschr. f. analyt. Chemie, 1912, Bd. 51, S. 628. — (2) Biochem. Zeitschrift, 1912, Bd. 42, S. 281. *von der Heide, C., und Steiner, H., (1) Z. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1909, Bd. 17, S. 291. *von der Heide, R., (1) Ber. d. Lehranst. f. Wein-, Obst- und Gartenbau in Geisenheim f. 1907. Berlin 1908, S. 254. *Heyden, F. von, (1) Ref. in Biedermanns Centralbl., 1882, S. 502. *Hotter, E., (1) 4. Jahresber. d. Landw. Landes-Versuchs- und Samen-Kontrollstation in Graz für 1895—96, S. 26. *Jacquemin, G., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1890, Bd. 110, S. 1140. — (2) Ebenda, 1897, Bd. 125, S. 114; 1899, Bd. 128, S. 369. *Jeanprêtre, J., (1) Archives des sciences phys. et nat., 1912, Bd. 13, S. 514; ref. in Kochs Jahresb., 1902, Bd. 13, S. 313. *Kalbruner, (1) Weinlaube, 1872, Bd. 4, S. 238. *Karczag, L., (1) Biochem. Zeitschrift, 1912, Bd. 38, S. 516. *Kayser, Edmund, (1) Ann. Pasteur, 1896, Bd. 10, S. 51. — (2) Die Hefe. Deutsche Ausg., München 1898. — (3) Revue de Viticulture, 1901, Bd. 16, S. 61. — (4) Ann. Pasteur, 1892, Bd. 6, S. 569. — (5) Revue de Viticulture, 1911, Bd. 36, S. 89. — (6) Ebenda, 1901, Bd. 16, S. 146. — (7) Ann. Pasteur, 1896, Bd. 10, Nr. 1. — (8) Revue de Viticulture, 1903, Bd. 19, S. 505. *Kayser, E., und Barba, G., (1) Revue de Viticulture, 1901, Bd. 15, S. 509. — (2) Bulletin du Ministère de l'Agriculture. Paris 1896, S. 43. *Kayser, E., und Demolon, A., (1) Revue de Viticulture, 1909, Bd. 31, S. 61; Ann. Brass. Dist., 1907, Bd. 10, S. 313. — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1908, Bd. 146, S. 783. — (3) Revue de Viticulture, 1909, Bd. 32, S. 141. *Kayser, E., und Marchand, H., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1907, Bd. 144, S. 574 u. 714, und Bd. 145, S. 343. *Kayser, R., (1) Repert. d. analyt. Chemie, 1881, Bd. 1, S. 209. *Kehlhofer, W., und Huber, P., (1) Schweiz. Wochenschr. f. Chem. und Pharm., 1906, Bd. 44, S. 625; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1908, Bd. 21, S. 184. *Kerntler, F., (1) Annalen der Oenologie, 1878, Bd. 7, S. 1. *Kerp, H., (1) Arb. Kais. Ges.-Amt., 1904, Bd. 21, S. 156, 180 u. 372; 1907, Bd. 26, S. 231 u. ff.; Chem.-Ztg., 1907, Bd. 31, S. 1059. *Klöcker, A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1912, Bd. 35, S. 375. *Koch, Alfred, (1) Verh. d. XIX. Deutsch. Weinbau-Kongr. in Colmar. Mainz 1901, S. 22; Weinbau u. Weinhandel, 1900, Bd. 18, S. 395. *Kostytschew, S., (1), Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1912, Jg. 45, S. 1289; Z. f. physiolog. Chemie, 1912, Bd. 79, S. 130 u. 359. *Kroemer, K., (1) In: Babo und Mach (1), Bd. 1. — (2) Weinbau u. Weinhandel, 1910, Bd. 28, S. 246. — (3) Jahresb. d. Lehranst. f. Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1911, S. 173. — (4) Ebenda, f. 1910. Berlin 1911, S. 141. — (5) Ebenda, f. 1909. Berlin 1910, S. 107. *Kruis, K., und

Rayman, B., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1896, Bd. 19, S. 131. ***Kühn,** W., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 470. ***Kulisch,** P., 1) Arb. Kais.-Ges. Amt. 1908, Bd. 29, S. 175. — (2) Jahresber. d. Lehranst. f. Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1897/98, S. 95. — (3) Ebenda, f. 1896/97, S. 197; Pomolog. Monatshefte, 1898, S. 137. — (4) Mitteilungen d. Deutsch. Weinbauvereins, 1910, Bd. 5, S. 87. — (5) Z. f. angew. Chemie, 1896, S. 418. — (6) Anleitung zur sachgemäßen Weinverbesserung. 3. Aufl., Berlin 1909. — (7) Weinbau u. Weinhandel, 1889, Bd. 7, S. 449 ff. — (8) Landw. Jahrbücher, 1890, Bd. 19, S. 83. — (9) Jahresber. d. Lehranst. f. Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1895/96, S. 98 u. 100. ***Kunz,** R., (1) Z. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1903, Bd. 6, S. 721. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 4, S. 673. ***Laborde,** J., (1) Ann. Pasteur, 1898, Bd. 12, S. 517. — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1899, Bd. 129, S. 344. — (3) Revue intern. des falsifications, 1898, Bd. 11, S. 31. — (4) Revue de Viticulture, 1906, Bd. 26, S. 433, 481, 522. ***Lafar,** F., (1) Landw. Jahrbücher, 1895, Bd. 24, S. 445. — (2) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1894, Bd. 17, S. 10; 1897, Bd. 20, S. 679. ***Langlade,** M., (1) Moniteur vinicole, 1911, 56. Jg., S. 238. ***Laurent,** Em, (1) Ann. Soc. belge de Microscopie, 1890, Bd. 14, S. 29. ***Lindner,** P., (1) W. f. Brauerei, 1912, Bd. 29, S. 5. ***Linossier,** G., (1) Ann. Pasteur, 1891, Bd. 5, S. 170. ***Lojodice,** D. A., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1907, Bd. 40, S. 593. ***Lopriore,** G., (1) Annali di Agricoltura del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, Bd. 215; ref. in Mitteilungen d. Deutsch. Landwirtschafts-Gesellschaft, 1897, Bd. 12, Nr. 20. ***Lubimenko** und **Froloff-Bagreief,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1911, Bd. 154, S. 226. ***Lührig,** H., und **Sartori,** A., (1) Pharmac. Centralhalle, 1908, Bd. 49, S. 934. ***Luhmann,** E., und **Meitz,** O., (1) Die Fabrikation der moussierenden Getränke. 4. Aufl., Wien. ***Mach,** E., (1) Weinlaube, 1875, Bd. 7, S. 269. — (2) Ebenda, 1893, Bd. 25, S. 98. ***Mach,** E., und **Portele,** K., (1) Weinlaube, 1881, Bd. 13, S. 28. — (2) Landw. Versuchsstationen, 1892, Bd. 41, S. 470. — (3) Weinlaube, 1883, Bd. 15, S. 565. — (4) Cit. n. Neßler (1) ***Mallmann,** F., (1) Zeitschr. f. öffentl. Chemie, 1904, Bd. 10, S. 165. ***Malvezin,** (1) Cit. n. Babo u. Mach (1). ***Manceau,** E., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1901, Bd. 132, S. 1003. ***Martinand,** V., (1) Cit. n. E. Kayser (1). — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1891, Bd. 113, S. 782. — (3) Ebenda, 1898, Bd. 126, S. 656; Revue de Viticulture, 1898, Bd. 10, S. 237 u. 259. — (4) Revue de Viticulture, 1909, Bd. 32, S. 346 u. 376; Comptes rend. de l'Ac., 1909, Bd. 149, S. 465. — (5) Revue de Viticulture, 1910, Bd. 33, S. 287. ***Mastbaum,** H., (1) Chem.-Ztg., 1903, Bd. 27, S. 829. ***Mathieu,** L., (1) Revue de Viticulture, 1912, Bd. 38, S. 237. — (2) Revue intern. des falsifications, 1903, Bd. 16, S. 64. — (3) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 13, S. 306. — (4) Bull. de l'Assoc. des Chim. de sucr. et de dist., 1906, Bd. 23, S 1411. — (5) La vigne américaine, 1903, Bd. 27, S. 73. ***Maurain** und **Warcollier,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1909, Bd. 149, S. 155. — (2) Ebenda, 1910, Bd. 150, S. 343. ***Meissner,** R., (1) Des Küfers Weinbuch. Stuttgart 1909. — (2) In: Babo und Mach (1). — (3) Ber. d. Weinbau-Versuchsanstalt Weinsberg f. 1907, S. 90. — (4) Jahresber. d. Vereinigung f. angew. Botanik, 1903, Bd. 1, S. 96. — (5) 2. Ber. d. Weinbau-Versuchsanstalt Weinsberg f. 1904, S. 69; Zeitschr. f. Gärungsphysiologie, 1913, Bd. 2, S. 129. — (6) Landw. Jahrbücher, 1901, Bd. 30, S. 497. — (7) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1905, Bd. 23, S. 31. ***Mensio,** C., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1909, Bd. 42, S. 89. — (2) Ebenda, 1912, Bd. 45, S. 381. — (3) Ebenda, 1911, Bd. 44, S. 829. — (4) Ebenda, 1909, Bd. 42, S. 465. ***Metelka,** M., (1) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1904, Bd. 7, S. 725. ***Möslinger,** W., (1) Z. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1901, Bd. 4, S. 1120. ***Molnàr,** S., (1) Annalen der Oenologie, 1873, Bd. 3, S. 245. ***Moreau,** L., (1) Revue de Viticulture, 1905, Bd. 23, S. 10; 1906, Bd. 25, S. 61. ***Morin,** E. Ch., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1888, Bd. 105, S. 1019. ***Moritz,** J., (1) Annalen der Oenologie, 1872, Bd. 2, S. 461. — (2) Ebenda, 1873, Bd. 3, S. 146. — (3) Der Weinbau, 1883, S. 202. ***Mouline,** (1) Cit. n. Mathieu (3). ***Müller,** J. A., (1) Bull. Société chimique, 1896, 3. sér., Bd. 15, S. 1210. ***Müller-Thurgau,** H., (1) Verhandlg. der X. Generalvers. d. Deutsch. Weinbauvereins in Geisenheim 1884. Mainz 1885, S. 50. 55, 62—66. — (2) Landw. Jahrbücher, 1888, Bd. 17, S. 83. — (3) Verhandlg. d. IX. Deutsch. Weinbau-Kongr. in Rüdesheim 1886, S. 66, 69 u. 81. — (4) Verhandlg. d. VIII Deutsch. Weinbau-Kongr. in Colmar 1885, S. 124. — (5) Verhandlg. d. XI. Deutsch. Weinbau-Kongr. in Trier 1889, S. 91 u. 96. — (6) V. Jahresber. d. Versuchsanstalt f. Obst-, Wein- u. Gartenbau in Wädenswil für 1894/95. Wädenswil 1896, S. 97. — (7) Jahresber. etc. Wädenswil für 1899—1902, S. 86. — (8) III. Jahresber. etc. Wädenswil für 1892 bis 93. S. 73. — (9) Verhandlg. d. VII. Deutsch. Weinbau-Kongr. 1882. Karlsruhe 1883, S. 117. — (10) Verhandlg. d. X. Deutsch. Weinbau-Kongr. 1887. Mainz 1888, S. 94. — (11) VII. Jahresber. etc. Wädenswil f. 1899, S. 50 u. 56. — (12) IX. Jahresber. etc. Wädenswil f. 1901, S. 73. — (13) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 17, S. 11. — (14) Jahresber. d. Lehranstalt f. Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1883/84, S. 53. — (15) IV. Jahresbericht etc. Wädenswil f. 1893/94. Zürich 1895, S. 74. — (16) Verhandlg. d. XIV. Deutsch. Weinbau-Kongr. in Neustadt a. H., Mainz 1896, S. 30. —

(17) Verhandlg. d. Deutsch. Weinbau-Kongr. 1890, S. 136. — (18) Weinbau u. Weinhandel, 1891, Bd. 9, S. 399. — (19) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1908, Bd. 20, S. 353. — (20) Schweiz. Zeitschrift f. Obst- u. Weinbau, 1893, Bd. 2, S. 355. — (21) VIII. Jahresber. etc. Wädenswil f. 1897/98. Wädenswil 1900. S. 115. — (22) Cit. n. Wortmann (1). *Müller-Thurgau, H., und Osterwalder, A., (1) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1910, Bd. 24, S. 259. — (2) Ebenda, 1908, Bd. 22, S. 788. — (3) Ebenda, 1912, Bd. 26, S. 347. — (4) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1912, Bd. 36, S. 129. — (5) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1912, Bd. 26, S. 360. — (6) Ebenda, 1908, Bd. 22, S. 728; 1910, Bd. 24, S. 273; 1912, Bd. 26, S. 374. *Müntz, A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 331. *Müntz, A., und Rousseaux, E., (1) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 173 u. 365. *Muth, F., (1) Weinbau u. Weinhandel, 1908, Bd. 26, S. 9. *Neßler, Julius, (1) Die Bereitung, Pflege und Untersuchung des Weines. 8. Aufl., Stuttgart 1908. — (2) Wochenblatt d. landw. Vereins f. d. Großherzogtum Baden, 1889, S. 349. — (3) Weinbau u. Weinhandel, 1891, Bd. 9, S. 1. — (4) Verhandl. d. IX. Deutsch. Weinbau-Kongr. in Rüdesheim 1886, S. 103. *Neubauer, C., (1) Annalen der Oenologie, 1876, Bd. 5, S. 347. — (2) Ebenda, 1873, Bd. 3, S. 138; 1874, Bd. 4, S. 62 u. 492. — (3) Cit. n. C. Schulze (1). *Neuberg, C., und Kerb, J., (1) Biochem. Zeitschr., 1912, Bd. 47, S. 405. *Omeis, Th., (1) Mitteilungen a. d. pharm. Institute und Laboratorium f. angew. Chemie d. Univ. Erlangen, 1889, Heft 2, S. 242. *Oppenheimer, C., (1) Die Fermente und ihre Wirkungen. 2. Aufl., Leipzig 1903, S. 309. *Ordonneau, Ch., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1886, Bd. 102, S. 217. — (2) Z. f. Spiritusindustrie, 1888, Bd. 11, S. 183. *Osterwalder, A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1912, Bd. 32, S. 481. *Otto, R., (1) Proskauer Obstbauzeitung, 1897, S. 67; Landw. Jahrbücher, 1898, Bd. 27, S. 261. *Pacottet, P., (1) Vinification. 2. Aufl., Paris 1908. *Pantanelli, E., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1911, Bd. 31, S. 545. — (2) Staz. sperim. agr. ital., 1906, Bd. 39, S. 543. *Paris, G., (1) Giornale di Viticoltura ed Enologia, 1906, 3. Ser., Bd. 13, S. 175; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 18, S. 517. *Pasquero, V., und Cavagnari, A., (1) Atti della Soc. Lig. di Science Naturali, Bd. 20; cit. n. Chem. Centralblatt, 1912, Bd. I, S. 857. *Passerini, N., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1906, Bd. 39, S. 350. — (2) Atti d. Acc. dei Georgofili in Firenze, 1904, Bd. 82, S. 244, und Bd. 83, S. 150; ref. in Kochs Jahresb., 1905, Bd. 16, S. 247. — (3) Staz. sperim. agr. ital., 1906, Bd. 39, S. 221; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 18, S. 519. *Pasteur, L., (1) Ann. de chim. et de phys., 1860, 3. sér., Bd. 58, S. 323. — (2) Études sur le vin, ses maladies etc., Paris 1866; 2. Aufl., Paris 1873, S. 125. — (3) Comptes rend. de l'Ac., 1864, Bd. 60, S. 899; 1865, Bd. 61, S. 274. *Piaz, A. dal, (1) Die Champagnerfabrikation. Wien. *Pozzi-Escot, (1) Revue de chim. ind., 1900, Bd. 13, S. 95; cit. n. Kochs Jahresb., 1900, Bd. 11, S. 140. *Pringsheim, H., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1906, Bd. 39, S. 4048. — (2) Biochem. Zeitschr., 1907, Bd. 3, S. 121. — (3) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 16, S. 111. — (4) Biochem. Zeitschr., 1908, Bd. 10, S. 490. — (5) Ebenda, 1907, Bd. 8, S. 128. *Rau, A., (1) Arch. f. Hyg., 1892, Bd. 14, S 225. *Regnard, P., (1) Comptes rendus de la Soc. de Biologie, 1889, 9. sér., Bd. 10, S. 124. *Reisch, R., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 18, S. 396. — (2) Ebenda, 1905, Bd. 14, S. 572. *Rheinberg, H., (1) Die Herstellung von Schaumwein und Obstschaumwein. Leipzig 1913. *Rieter, E., (1) Schweiz. Wochenschr. f. Chem. u. Pharm., 1894, Bd. 32, S. 477; 1896, Bd. 34, S. 237; 1898, Bd. 36, S. 41. *Ripper, M., (1) Weinbau u. Weinhandel, 1890, Bd. 8, S. 168; J. f. prakt. Chem., 1892, 2. Reihe, Bd. 46, S. 427. — (2) Forschungsberichte über Lebensmittel etc., 1895, Bd. 2, S. 12 u. 35. — (3) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1900, Bd. 3, S. 26. — (4) Ebenda, 1910, Bd. 13, S. 966. *Rocques, X., (1) Ann. chim. anal. appliquée, 1897, S. 421; Journ. de Pharm. et de Chim., 1898, 6. sér., Bd. 7, S. 605; Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 601. *Röhling, A., (1) Morpholog. u. physiolog. Untersuchungen über einige Rassen d. Sacch. apiculatus. Dissert., Erlangen 1905. *Roeser, (1) Ann. Pasteur, 1893, Bd. 7, S. 41. *Roos, L., (1) Cit. n. Roos und Chabert (1). — (2) Revue de Viticulture, 1894, Bd. 2, S. 613. — (3) Ebenda, 1895, Bd. 3, S. 15. — (4) Ebenda, 1898, Bd. 10, S. 157. *Roos, L., und Chabert, F., (1) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 33, 69, 89 u. 122. *Rosenstiehl, A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1902, Bd. 134, S. 119; Revue de Viticulture, 1902, Bd. 17, S. 126. — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1900, Bd. 130, S. 195. — (3) Ebenda, 1908, Bd. 146, S. 1417. — (4) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 14, S. 281; Comptes rend. de l'Ac., 1902, Bd. 134, S. 1378. — (5) Comptes rend. de l'Ac., 1908, Bd. 147, S. 150. — (6) Revue de Viticulture, 1908, Bd. 29, S. 509. — (7) Ebenda, 1897, Bd. 7, S. 110; 1898, Bd. 10, S. 179; 1899, Bd. 11, S. 509. *Rost und Franz, (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1904, Bd. 21, S. 312. *Rotondi, E., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1878, Bd. 7, S. 65. *Rougier, (1) Cit. n. Roos und Chabert (1) *Rousseaux, E., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 10, S. 145. — (2) Ebenda, S. 173. *Salléron, J., (1) Études sur le vin mousseux. 2. Aufl., Paris 1895. *Sannino, F. A., (1) Agricoltura moderna, 6. Okt

1907; cit. n. Weinlaube, 1907, Bd. 39, S. 475. ***Sarason,** L., (1) Klären frischer unvergorener Obstsäfte unter gleichzeitiger Konservierung. D.R.P. Nr. 197458; vgl. Kochs Jahresb., 1908, Bd. 9, S. 302. ***Scala,** E., (1) Most- und Weinschönung und Filtration. Pescara 1912. ***Schade,** H., (1) Z. f. physiolog. Chemie, 1906, Bd. 57, S. 1. ***Schaffer,** F., (1) Z. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1908, Bd. 16, S. 674. ***Schaffer,** F., und **Bertschinger,** A., (1) Schweiz. Wochenschr. f. Chemie u. Pharmac., 1894, Bd. 32, S. 397 u. 409. ***Schander,** R., (1) Jahresber. der Vereinigung f. angew. Bot. f. 1903/4, Bd. 2, S. 85. ***Schmitt,** C., (1) Die Weine d. Herzogl. Nassauischen Kabinetskellers. Wiesbaden 1892. ***Schukow,** I., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 601. ***Schulze,** Carl, (1) Landw. Jahrbücher, 1895, Bd. 24, S. 403. ***Scurti,** F., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1910, Bd. 43, S. 105. ***Scurti,** F., und **Corso,** G., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1908, Bd. 41, S. 507. ***Seifert,** W., (1) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1906, Bd. 9, S. 1019. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 4, S. 221. — (3) Oesterr. Chemiker-Zeitg., 1898, Bd. 1, S. 381. — (4) Jahresber. d. Lehranst. f. Wein- u. Obstbau in Klosterneuburg f. 1911. Wien 1912, S. 134. — (5) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1904, Bd. 7, S. 667. — (6) Mitteilgn. d. Deutsch. Weinbauvereins, 1908, Bd. 3, S. 216. — (7) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1901, Bd. 4, S. 227. — (8) Z. f. Nahrungsmittel-Unters. etc., 1893, Bd. 7, S. 125 u. 148. — (9) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1901, Bd. 4, S. 215. — (10) Ebenda, 1901, Bd. 4, S. 980; 1903, Bd. 6, S. 576. — (11) Ebenda, 1903, Bd. 6, S. 738. ***Seifert,** W., und **Haid,** R., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 28, S. 37. — (2) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1909, Bd. 12, S. 681. ***Seifert,** W., und **Kaserer,** H., (1) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1903, Bd. 6, S. 555. ***Seifert,** W., und **Reisch,** R., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1904, Bd. 12, S. 574. — (2) Ebenda, 1905, Bd. 14, S. 574. ***Sémichon,** L., (1) Revue de Viticulture, 1909, Bd. 32, S. 711; ref. in Weinbau u. Weinhandel, 1911, Jg. 29, S. 539. — (2) Traité des maladies des vins. Montpellier 1905. ***Slator,** A., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1907, Jg. 40, S. 123. ***Spica,** M., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1907, Bd. 40, S. 177. ***Straub,** A., (1) Forschungsberichte über Lebensmittel etc., 1895, Bd. 2, S. 382. ***Strucchi,** A., und **Zecchini,** M., (1) Il Moscato di Canelli. Turin 1895. ***Thylmann,** V., und **Hilger,** A., (1) Arch. f. Hyg., 1888, Bd. 8, S. 451. ***Traphagen,** F. W., und **Burke,** Ed., (1) Journ. American Chemical Soc., 1903, Bd. 25, S. 242. ***Trillat,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1908, Bd. 146, S. 645. — (2) Bull. Société chimique de France, 1909, 4. sér., Bd. 5, S. 546, 550 u. 555. — (3) Comptes rend. de l'Ac., 1903, Bd. 136, S. 171. ***Trillat,** A., und **Sauton,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1908, Bd. 146, S. 996, und Bd. 147, S. 77. — (2) Ann. Pasteur, 1910, Bd. 24, S. 310. ***Utz,** (1) Oesterr. Chemiker-Zeitg., 1903, Bd. 6, S. 385. ***Vandam,** L., (1) Ann. des falsifications, 1909, Bd. 2, S. 160. ***Villon,** M., (1) Bull. Société chimique de Paris, 1893, 3. sér., Bd. 9, S. 605. ***Weigelt,** C., (1) Annalen der Oenologie, 1872, Bd. 2, S. 102; 1877, Bd. 6, S. 509. ***Weigert,** L., (1) Mitteilungen d. Chemisch-physiologischen Versuchsstation f. Wein- u. Obstbau in Klosterneuburg, Heft 5, Wien 1888, S. 58, 99 u. 140. ***Weinmann,** I., (1) Manuel du travail des vins mousseux. 4. Aufl., Paris (o. J.). ***Weiwers,** (1) Ueber den unvergärbaren Zucker im Wein. Dissert., Luxemburg 1906. ***Wildiers,** E., (1) La Cellule, 1901, Bd. 18, S. 313. ***Windisch,** Karl, (1) Die chemische Untersuchung u. Beurteilung des Weines. Berlin 1896. — (2) Die chemischen Vorgänge beim Werden des Weines. Stuttgart 1906. — (3) In: Neßler (1). — (4) Bericht d. Lehranstalt f. Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1902. Wiesbaden 1903, S. 154. — (5) Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1901, Bd. 4, S. 961. — (6) Ebenda, 1903, Bd. 6, S. 447. — (7) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1892, Bd. 2, S. 140; 1895, Bd. 11, S. 285; 1898, Bd. 14, S. 309. ***Wittmann,** C., (1) Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1901, Bd. 4, S. 131. ***Wortmann,** J., (1) Die wissenschaftlichen Grundlagen d. Weinbereitung u. Kellerwirtschaft. Berlin 1905. — (2) Landw. Jahrbücher, 1894, Bd. 23, S. 535. — (3) Anwendung und Wirkung reiner Hefen in der Weinbereitung. Berlin 1895. — (4) Bericht d. Lehranstalt f. Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1900/01. Wiesbaden 1901, S. 92. — (5) Landw. Jahrbücher, 1898, Bd. 27, S. 631. — (6) Ebenda, 1892, Bd. 21, S. 901. — (7) Mitteilungen ü. Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1895, Bd. 7, S. 65. — (8) Landw. Jahrbücher, 1900, Bd. 29, S. 629. — (9) Mitteilungen ü. Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1902, Bd. 14, S. 119. — (10) Landw. Jahrbücher, 1905, Bd. 34, S. 685. — (11) Jahresbericht etc. Geisenheim f. 1898/99, S. 77. — (12) Weinbau und Weinhandel, 1901, Bd. 19, S. 461. ***Yabe,** K., (1) Bulletin College Agriculture, Tokio, 1897, Bd. 3, S. 221.

(*Manuskript-Einlauf: 19. Juli 1913.*)

18. Kapitel.

Fehler und Krankheiten des Weines.

Von
Prof. Dr. KARL KROEMER.

§ 113. Einleitung. Rahnwerden und Schwarzwerden.

Wenn zur Weinbereitung verunreinigte, ungeeignete oder verdorbene Früchte benutzt werden oder bei der Gärführung und der weiteren Behandlung des Weines Versehen vorkommen, stellen sich im Wein sehr leicht Fehler oder Krankheiten ein. Als Weinfehler pflegt man alle 5 unerwünschten Eigenschaften des Weines zusammenzufassen, die nicht unmittelbar auf die Tätigkeit von Gärungserregern zurückzuführen sind, sondern meist durch rein chemische oder physikalische Vorgänge oder durch Aufnahme von fremden Stoffen zustande kommen. Als Weinkrankheiten kann man mit WORTMANN (1) und MÜLLER-THURGAU 10 und OSTERWALDER (1) alle nachteiligen Veränderungen des Weines bezeichnen, die durch lebende Organismen hervorgerufen werden, daher übertragbar sind und sich innerhalb gewisser Grenzen allmählich verstärken. Scharf lassen sich die beiden Erscheinungen nicht voneinander trennen, da an der Entstehung mancher Weinfehler, wie z. B. 15 des Schimmelgeschmacks, Gärungspilze mittelbar beteiligt sind. Gerade diese Fehler, die mit Lebensvorgängen von Gärungserregern in Verbindung stehen, sind hier zu besprechen, während alle fehlerhaften Eigenschaften des Weines, die auf rein chemischen oder rein physikalischen Veränderungen beruhen, bei der Stoffumgrenzung dieses Werkes von 20 der weiteren Erörterung ausscheiden müssen. Näher beschrieben sind diese Fehler von SÉMICHON (1), WINDISCH (1) und C. VON DER HEIDE (1). Von den im nachfolgenden besprochenen fehler- und krankhaften Erscheinungen des Weines sind das Rahnwerden, das Schwarzwerden, der Schimmelgeschmack, der Stopfengeschmack und die Weintrübungen als 25 Weinfehler, alle übrigen als Weinkrankheiten anzusehen.

Das **Rahn-** oder **Braunwerden** des Weines (franz.: la casse = Brechen) ist auf S. 681 des Ersten Bandes bereits beschrieben worden. Der Fehler kommt bei Weißweinen und Rotweinen vor und besteht darin, daß sich die Weine bei Luftzutritt bräunen und trüben. Läßt man 30 einen Weißwein, der zum Rahnwerden neigt, einige Zeit offen in einem Glase stehen, dann wird er gewöhnlich schon vor Ablauf einer halben Stunde zunächst an der Oberfläche braun. Nach und nach setzt sich diese Färbung nach unten fort, der Wein trübt sich und überzieht sich nicht selten mit einem dünnen, eigentümlich schillernden Häutchen; 35 schließlich wird er nach Abscheidung eines braunen, pulverigen Bodensatzes wieder etwas heller, bleibt aber immer noch weit dunkler als ein gesunder Weißwein. Mit der Farbe ändern sich auch Geruch und Geschmack des Weines. Das Bouquet verliert sich und wird durch einen an gedörrtes Obst erinnernden Geruch ersetzt, während der Geschmack 40 einen Ausdruck annimmt, wie er manchen alten Südweinen eigen ist, der aber in diesem Falle durchaus unangenehm wirkt. Rotweine werden beim Brechen braun und mißfarbig und erleiden dabei stets einen be-

trächtlichen Farbstoff-Verlust. Wenn der Fehler sehr stark hervortritt, verwandeln sie sich schließlich in eine trübe Flüssigkeit von schokoladeartigem Aussehen, die einem Rotwein nicht mehr im entferntesten gleicht und unzersetzten roten Traubenfarbstoff auch nicht mehr enthält.

5 In Zusammenhang mit dem Fehler steht jedenfalls die bei allen Traubensäften vorhandene Neigung an der Luft braun zu werden. Gewöhnlich verliert sich diese Eigenschaft der Moste während der Gärung und der nachfolgenden Kellerbehandlung, zuweilen zeigt sie sich aber noch im flaschenreifen Wein, und zwar selbst dann, wenn den Weinen 10 die sorgfältigste Pflege zuteil geworden ist. In solchen Fällen liegt dem Rahnwerden offenbar eine besondere Zusammensetzung der Moste zugrunde, worauf auch die Erfahrungs-Tatsache hinweist, daß bestimmte Traubensorten, so nach SEIFERT (1) der Riesling und der Rotgipfler, nach MATHIEU (1) die französische Sorte Meslier, Weine liefern, die 15 dem Braunwerden besonders stark ausgesetzt sind. Begünstigt wird der Fehler offenbar noch durch eine Reihe anderer Umstände. So soll er nach den Mitteilungen von MATHIEU (1) und C. VON DER HEIDE (1) in sehr guten Weinjahren, wo die Trauben zur Zeit der Lese in der Reife weit vorgeschritten und dabei verhältnismäßig säurearm sind, viel 20 häufiger und stärker auftreten als in mittleren und geringen Weinjahren, in denen die Trauben nicht im Zustand der Edelreife gelesen werden. In Uebereinstimmung damit steht die von BERSCH (1), CHUARD (1) und C. VON DER HEIDE (1) angeführte Tatsache, daß stark saure Weine überhaupt selten braun werden. Im Kellereibetrieb hat man nach C. VON 25 DER HEIDE (1), SEIFERT (1) und WINDISCH (1) beobachtet, daß die Neigung zum Braunwerden auch durch das „Aufnehmenlassen“ und „Angären“ der Maischen verstärkt wird, d. h. durch das in einigen Gegenden übliche, bereits auf S. 386 erwähnte Verfahren, die gemahlenen Trauben vor dem Keltern kürzere oder längere Zeit stehen zu lassen. Die aus 30 abgepreßten Trestern durch Uebergießen mit Zuckerwasser hergestellten, säurearmen Nachweine (Tresterweine, petiotisierte Weine) sind nach J. BERSCH (1) und C. VON DER HEIDE (1) fast immer braun. Am meisten scheint der Fehler nach den praktischen Erfahrungen und den Angaben von NESSLER (1) und LABORDE (1) durch die Verarbeitung fauler über-35 reifer Trauben begünstigt zu werden; dagegen sollen Weine aus gefrorenen Trauben nach einer durch C. VON DER HEIDE (1) mitgeteilten Beobachtung von BABO nicht rahn werden, was aber bei der Häufigkeit des Fehlers bei den vielfach aus gefrorenen Trauben hergestellten deutschen Rheinweinen des Jahres 1912 keineswegs richtig zu sein scheint.

40 Die chemischen Umsetzungen, die zu der auffallenden Bräunung des Weines führen, sind nur unzureichend bekannt, obwohl über den Gegenstand eine außerordentlich umfangreiche Literatur vorliegt. Man weiß zwar seit langem, daß die Erscheinung auf Oxydations-Wirkungen beruht, die durch starke Reduktionsmittel, wie schweflige Säure, 45 ganz oder zum Teil wieder aufgehoben werden. Die Einzelheiten des Vorgangs sind aber nicht genau festgelegt. Wie aus den Angaben auf S. 681 des Ersten Bandes zu ersehen ist, haben GOUIRAND (1 u. 2), LABORDE (1), CAZENEUVE (1), PEGLION (1), PERRAUD (1), BOUFFARD (1), TOLOMEI (1), BOUFFARD und SÉMICHON (1), sowie ursprünglich auch MARTINAND (1) 50 behauptet, daß die Verfärbung durch eine Oxydase des Traubensaftes, die Oenoxydase, hervorgerufen werde. Unter ihrer Mitwirkung sollen autoxydable Verbindungen des Weines in einen braunen Farbstoff umgewandelt werden. Die von WINDISCH (1) wiedergegebene Vermutung,

wonach die in Frage kommenden oxydierbaren Körper durch Zersetzung des Chlorophylls entstehen sollen, hat wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Besser begründet ist die von BEHRENS (1) vertretene Annahme, daß die oxydierbaren Stoffe wie bei anderen sich an der Luft verfärbenden Pflanzensäften mehrwertige Phenole sein dürften. Sie wären also unter den Gerbstoffen des Mostes und, soweit Rotweine in Betracht kommen, auch im Rotweinfarbstoff oder in dessen Spaltungsgebilden zu suchen.

Die Oxydase soll nach MARTINAND (1) und CAZENEUVE (1) der Traubenbeere entstammen, während LABORDE (1), SÉMICHON (1 u. 2) und HAMM (1) angeben, sie werde vornehmlich durch den Pilz der Edelfäule (*Botrytis cinerea*) erzeugt. PEGLION (1) glaubt, daß sowohl die Zellen der Trauben wie auch gewisse Pilze, so *Botr. cinerea* und *Monilia fructigena*, Oxydasen bilden, die beide sich im Most wiederfinden. In einem gewissen Zusammenhang damit steht die Angabe von PAVARINO (1), daß besonders die von *Plasmopara viticola* befallenen Rebteile reich an Oxydasen sind. Nach TOLOMEI (1) sollen sogar die echten Weinhefen und die sogen. Apiculatus-Hefen oxydierende Enzyme ausscheiden. LINDET (1) will eine Oxydase in Aepfeln aufgefunden haben, die ähnliche Veränderungen auslösen soll wie die Oenoxydase, und gleichlautende Angaben macht BERTRAND (1) für ein oxydierendes Enzym der Birnen und Quitten. Man vergleiche hierzu die neuere Zusammenstellung von A. BACH (1) und die Angaben über Oxydasen auf S. 573 des folgenden Kapitels.

Von anderer Seite hat man den Oxydasen aber jede Bedeutung für das Zustandekommen des Rahnwerdens abgesprochen. So hat LAGATU (1) die von LABORDE (2) und CAZENEUVE (2) sehr entschieden zurückgewiesene Ansicht ausgesprochen, daß beim Rahnwerden des Weines nicht Oxydasen, sondern im Wein enthaltene Eisenverbindungen als Sauerstoff-Ueberträger wirken sollen. MARTINAND (2) hat sich im Gegensatz zu seinen ersten Angaben später dahin geäußert, daß das Brechen der Weine lediglich auf der Bildung einer braunen unlöslichen Verbindung beruhe, die der im Wein entstandene Aldehyd mit Phenolen (Gerbstoffen) oder dem Rotweinfarbstoff eingehe. Daß Fällungen dieser Art in Weinen wirklich auftreten können, haben Untersuchungen gelehrt, die KEHLHOFER (1) an den sogen. Scheidmosten angestellt hat. Es sind das gerbstoffreiche Birnweine aus frühzeitig gelesenen, noch sehr herben Birnsorten, die man in der Schweiz zur Klärung weicher Birnweine aus überreifen Früchten benutzt. Unter Berührung mit der Luft bilden sich in diesen Scheidmosten (Scheidweinen), früher oder später, bräunliche Niederschläge, die nach KEHLHOFER (1) zur Hauptsache aus verändertem Gerbstoff bestehen, daneben in kleinen Mengen aber eine schwerlösliche Verbindung von Aldehyd mit Birngerbstoff enthalten. Man vergleiche damit die Ausführungen auf S. 682 des Ersten Bandes.

Im Zusammenhang damit mag erwähnt sein, daß KEHLHOFER (1) in Birnen zwar lösliche Oxydasen nachgewiesen, aber gleichzeitig festgestellt hat, daß diese Enzyme, namentlich in saurer Lösung, auf Birn- und Galläpfel-Gerbstoff nur in geringem Maße oxydierend einwirken. Bei der bekannten Braunfärbung zerkleinerter Birnen, einer Erscheinung, die mit dem Rahnwerden jedenfalls nahe verwandt ist, spielen nach KEHLHOFER (1) nicht diese löslichen, sondern angeblich unlösliche Oxydations-Enzyme der Birnfrucht eine Rolle. Unter ihrer Mitwirkung oxydieren sich die Gerbstoffe und werden in dieser Form zum Teil von den Eiweißstoffen des Plasmas chemisch gebunden, zum Teil auch von quellbaren, pektinartigen Stoffen rein physikalisch adsorbiert. In ähn-

licher Weise hat den Vorgang, wie auf S. 680 des Ersten Bandes angegeben ist, früher schon BEHRENS (1) erklärt, der dabei auch auf die beachtenswerte Tatsache aufmerksam gemacht hat, daß sich zerkleinerte Aepfel, die im Dampftopf sterilisiert worden sind, an der Luft nach und 5 nach gleichfalls bräunen. Ebenso entstehen in filtrierten Traubenmosten nach dem Sterilisieren häufig noch braune Niederschläge, wenn die Luft zu den Mosten Zutritt hat. In dem einen wie in dem anderen Falle ist die Mitwirkung von Oxydasen bei der Bildung der braunen Farbstoffe ausgeschlossen. Allerdings ist mit diesen Beobachtungen keineswegs 10 bewiesen, daß beim Rahnwerden des Weines Enzyme überhaupt nicht beteiligt sind; verschiedene Feststellungen sprechen sogar sehr für die enzymatische Natur des Vorgangs, so einzelne Wahrnehmungen von BOUFFARD (1 u. 2), MÜLLER-THURGAU (1) und SÉMICHON (1), nach denen man annehmen muß, daß manche Weine die Neigung zum Braunwerden 15 verlieren, wenn man sie pasteurisiert. Man wird sich dabei an die von BEHRENS (1) ausgesprochene Vermutung erinnern, daß die oxydierbaren Körper in den Mosten in glycosidartigen Verbindungen vorhanden sein könnten und daraus möglicherweise durch glycosidspaltende Enzyme frei gemacht werden. Es ist wichtig, dabei zu bemerken, daß der 20 Rotweinfarbstoff, der nach den Untersuchungen von CAZENEUVE (1) und den praktischen Erfahrungen beim Rahnwerden ebenfalls der Zerstörung anheimfällt, nach den auf S. 682 des Ersten Bandes bereits angegebenen Untersuchungen von HEISE (1), GLAN (1) und STANG (1) wahrscheinlich zu den Glycosiden gehört. Da *Botrytis cinerea* glycosidspaltende Enzyme 25 erzeugt, wäre mit der Ansicht von BEHRENS (1) auch die Häufigkeit des Fehlers nach nassen Herbsten und starker Traubenfäulnis wohl in Einklang zu bringen.

Zur Beseitigung des Fehlers hat man das Pasteurisieren und Einschwefeln der Weine empfohlen. Nach BOUFFARD (1 u. 3) genügt 30 es zu diesem Zweck, die Weine auf 60—65° C zu erwärmen. SÉMICHON (1) hält eine 3 Minuten dauernde Erhitzung des Weines auf 65—70° C für notwendig, während LABORDE (3) angibt, daß die Botrytis-Oenoxydase bei 60° C in ihrer Wirksamkeit zwar erheblich gehemmt wird, jedoch erst bei 80—85° C der Zerstörung anheimfällt. Im Kellereibetrieb wendet 35 man das Pasteurisieren gegen das Rahnwerden verhältnismäßig selten und gewöhnlich nur zusammen mit schwefliger Säure an. Die letztere ist in Verbindung mit sorgfältigem Luftabschluß das allgemein gebrauchte, in Deutschland wohl zuerst von NESSLER (1 u. 3) empfohlene Mittel, um Weine gegen das Braunwerden zu schützen. Man brennt die Weine 40 entweder mit Schwefel ein, wobei man nach SÉMICHON (1) für jeden Hektoliter Faßraum 1—3 g, nach SEIFERT (1) bis 5 g Schwefel verwenden muß, oder setzt den Weinen schweflige Säure in reinem Zustande oder in Form schwefligsaurer Salze zu. Von schwefliger Säure sind nach BOUFFARD (1 u. 3) 10—100 mg auf einen Liter Wein erforderlich; 45 von Natriumbisulfit benötigt man nach SCHINDLER (1), der dieses Salz mit gutem Erfolge gegen das Rahnwerden benutzt hat, bis 5 g auf den Hektoliter Wein, was in Oesterreich gesetzlich noch zulässig, in Deutschland dagegen nicht gestattet ist. BOUFFARD und SÉMICHON (1) empfehlen, den Rotweinen zur Verhinderung des Braunwerdens gleich nach dem 50 Abkeltern 2—4 g Schwefeldioxyd auf den Hektoliter zuzufügen. Durch die Behandlung mit schwefliger Säure verlieren die Weine bei sorgfältigem Luftabschluß nach und nach die Neigung zum Braunwerden, was CAZENEUVE (1), BOUFFARD (3) sowie BOUFFARD und SÉMICHON (1) darauf

zurückführen, daß die schweflige Säure das oxydierende Enzym allmählich zerstört. Coudon und Pacottet (1), Gouirand (3), Laborde (4) und Dienert (1) haben dieser Auffassung allerdings widersprochen und betont, daß die schweflige Säure das Enzym bloß hindere auf die Farbstoffe und Chromogene des Weines einzuwirken. Nach Laborde (4) wird die Wein-Oxydase nur durch den zum Wein zutretenden Sauerstoff vernichtet, von gebundener schwefliger (aldehydschwefliger) Säure, wie sie im Wein bei Luftabschluß vorhanden ist, dagegen nicht zersetzt. Daher empfiehlt Laborde (4), die Berührung des eingeschwefelten Weines mit der Luft nicht ganz zu unterdrücken, sondern in schweren Fällen eher etwas zu begünstigen. Nach Dienert (1) sind es die natürlichen Säuren des Weines, welche die Oxydase allmählich zerstören; infolgedessen sei bei säurearmen Weinen der Erfolg des Einschwefelns auch weniger sicher als bei säurereichen.

Weine, die bereits braun geworden sind, werden in der Praxis zuerst eingeschwefelt und dann zur Entfernung der abgeschiedenen braunen Stoffe mit Gelatine, Milch oder Casein geschönt. Nach Nessler (1) sind auch gesunde Weinhefen und in schweren Fällen Kaolin oder spanische Erde als Klärmittel angebracht. Braungewordene Rotweine lassen sich nach den Erfahrungen von Kulisch (2) und Windisch (1) mit einiger Aussicht auf Erfolg wiederherstellen, wenn man sie zunächst stark einschwefelt und dann pasteurisiert. Erwähnt sei schließlich, daß das Rahnwerden besonders bei Rotweinen häufig mit der im § 120 zu besprechenden Krankheit des Umschlagens verwechselt wird, was nach Sémichon (1) damit zusammenhängen dürfte, daß rahne Weine nicht selten auch umschlagen.

Das **Schwarzwerden** (schwarzer Bruch, franz.: casse noire, casse bleue) ist eine schwärzliche Trübung des Weines, die in der Regel auf rein chemische Vorgänge zurückzuführen ist, hier aber erwähnt sein mag, weil sie zuweilen auch im Gefolge des Säureabbaues, des Kahmigwerdens und des Milchsäurestiches auftritt. Der Fehler kommt bei Weißweinen und Rotweinen vor und beruht auf einer Ausfällung von Ferritannat, das sich meist erst durch Oxydation des im Wein enthaltenen löslichen und farblosen Ferrotannates bildet, wenn der Wein mit Luft in Berührung kommt. Da die im Wein enthaltenen Säuren die Entstehung von Ferritannat verhindern, werden nur solche Weine schwarz, die von Natur aus säurearm sind oder durch Gärungserreger ihre Säure zum Teil verloren haben. Ueber die Verhältnisse, die sonst zur Bildung von Ferritannat im Wein Anlaß geben, vergleiche man die Ausführungen von C. von der Heide (1) und Sémichon (1). Der Fehler ist durch Schönen und Filtrieren leicht zu beseitigen, da sich die schwarz gewordenen Weine nach einer gewissen Zeit unter Bildung eines Bodensatzes gewöhnlich von selbst klären. Ist das Schwarzwerden durch die Entwicklung säureverzehrender Bakterien bedingt, dann kann es naturgemäß auch notwendig werden, die Weine zu pasteurisieren. Empfehlenswert ist ferner, den Säuregehalt der geklärten Weine durch Zusatz eines sauren Weines oder von reinen Säuren so weit zu erhöhen, daß eine Neubildung von Ferritannat ausgeschlossen ist. Die Wirksamkeit, die den im Wein vorkommenden Säuren in dieser Hinsicht innewohnt, haben Nessler (1) und Seifert (2) bestimmt, worüber man bei C. von der Heide (1) Näheres angegeben findet. Das Schwarzwerden durch starkes Lüften der Moste zu vermeiden, wie das Passerini (2) für die Herstellung der toskanischen Jungfernweine vorgeschlagen hat, wird

in den meisten Fällen wegen der Nachteile dieser Behandlung nicht möglich sein. Erwähnt sei im Anschluß an die Besprechung dieses Fehlers, daß nach den Beobachtungen von BARAGIOLA und HUBER (1) in manchen Weinen auch weißlich graue Ausscheidungen von Ferriphosphat 5 auftreten.

§ 114. Weintrübungen. Geschmacksstörungen durch Schimmelpilze. Böckser.

Fehlerhafte Weintrübungen liegen vor, wenn der Wein sich nach der Gärung nicht klärt oder nach der Klärung von neuem trübt. In 10 beiden Fällen beruht die Trübung entweder auf einer Ausscheidung von unlöslichen Stoffen oder auf der Entwicklung von Gärungsorganismen oder auf beiden Ursachen zugleich. Soweit rein chemische oder rein physikalische Veränderungen, wie Abkühlung, Kohlensäure-Verlust, Sauerstoff-Aufnahme oder Berührung des Weines mit Metallen, Trübungen 15 veranlassen, handelt es sich um Vorgänge, die an dieser Stelle nicht zu erörtern sind. Erwähnt sei nur, daß sie gewöhnlich zur Ausfällung von Weinstein, weinsaurem Kalk, Eiweißstoffen, Eiweiß-Gerbstoff-Verbindungen oder anderen Extraktbestandteilen führen. Nähere Angaben darüber findet man bei NESSLER (2), MEISSNER (1) und WORT- 20 MANN (1). Die Unterscheidung der beiden weinsauren Salze, die unter den trübenden Stoffen des Weines fast immer vorhanden sind, gelingt mikrochemisch leicht nach den Anweisungen von R. HAASS (1). Die meisten dieser Stoffe verursachen eine vorübergehende Trübung, die durch Schönen leicht zu beseitigen ist. Störend wirken sie nur dann, 25 wenn sie in sehr fein verteilter Form auftreten, wie das WORTMANN (2) bei Rheingauer Weißweinen des Jahres 1895 beobachtet hat. Nach der Ansicht dieses Forschers bestehen die trübenden Körper in solchen Fällen meist aus Eiweiß-Gerbstoff-Verbindungen; ihre Bildung ist besonders dann zu erwarten, wenn zur Weinbereitung sehr gesunde 30 Trauben benutzt werden, deren Beereninhalt den Oxydationswirkungen des Luftsauerstoffs nicht so stark ausgesetzt ist wie bei überreifen Trauben. Verbindungen, die bei den letzteren schon am Stock unlöslich werden, bleiben in gesunden Trauben gelöst, gelangen so in den Most und Wein und kommen in diesem erst zur Fällung, wenn der Wein 35 beim Abstich oder im Faß durch die Poren der Holzwandungen Luft aufnimmt. Um Weine aus solchen Trauben luftbeständig zu machen, ist es nach WORTMANN (2) notwendig, sie zu lüften und etwas länger als gewöhnlich im Faß lagern zu lassen. Sehr nachteilig für den Wein können auch die Metalltrübungen werden, namentlich wenn sie durch 40 längere Berührung des Weines mit Zinn oder Kupfer entstanden sind. Man vergleiche damit die Angaben von WINDISCH (1) und MALVEZIN (1), sowie die bereits erwähnten Mitteilungen von BARAGIOLA und HUBER (1) über die Eisenphosphat-Trübung des Weines.

Die Organismen-Trübungen können durch verschiedenartige Gärungs- 45 pilze hervorgerufen werden, sind aber in der Regel auf die Anwesenheit von Hefen, Kahmpilzen oder Bakterien zurückzuführen. Soweit sie durch Vertreter der beiden letztgenannten Gruppen verursacht werden, bedürfen sie keiner besonderen Besprechung, da sie in diesem Falle nur ein äußeres Merkmal einer Weinkrankheit bilden oder ein Zeichen von 50 Säureabbau (vergl. S. 472) sind.

Dagegen muß auf die **Hefentrübungen,** die von WORTMANN (3) und MEISSNER (2) näher untersucht worden sind, kurz eingegangen werden. Sprossende Hefen sind in Jungweinen, seltener in älteren Weinen, häufig die Ursache der Trübung, was stets gleichbedeutend ist mit einer Nachgärung, wie sie auf S. 471 erwähnt ist. Am leichtesten 5 ist in solchen Fällen dadurch Abhilfe zu schaffen, daß man die eingetretene Nachgärung durch Lüftung oder Erwärmung des Weines nach Möglichkeit begünstigt. Trübungen derselben Art stellen sich nach WINDISCH (2) und WORTMANN (1) oft auch ein, wenn geringe, alkoholarme Weine mit zuckerhaltigen, schweren Weinen in einem Verhältnis 10 gemischt werden, daß der Alkoholgehalt des Weines nicht hoch genug ausfällt, um die Neubildung von Hefen auf Kosten des noch vorhandenen Zuckers zu verhindern. In Weinen, die nicht rechtzeitig oder nicht richtig abgestochen werden (vergl. S. 483), stellen sich oft Trübungen durch ruhende Hefen ein, weil bei Temperaturschwankungen der 15 Trub durch aufsteigende Kohlensäurebläschen leicht in die Höhe gewirbelt wird. Trübungen dieser Art sind durch Schönen oder Filtrieren schnell zu beseitigen; gefährlich werden sie nach WORTMANN (1) nur dann, wenn der Trub in Zersetzung übergeht, was besonders bei kleinen, säure- und alkoholarmen Weinen zu befürchten ist. In solchen Weinen 20 kann sich der Hefentrub nach den Angaben von WORTMANN (3) geradezu in eine feinkörnige oder schleimige Masse auflösen, die sich im Weine verteilt und eine sehr hartnäckige, schleierartige Trübung hervorruft. Gewöhnlich sind an der letzteren auch Bakterien beteiligt, deren Entwicklung durch die Zerfallstoffe des abgestorbenen Hefenplasmas stark 25 begünstigt wird. Ganz ähnliche Trübungen können nach KROEMER (1) auch durch Zersetzung alten Schönungstrubs durch Bakterien entstehen. Eine hinreichende Klärung des Weines ist in solchen Fällen durch Schönen oder Filtrieren oft nicht zu erreichen, dagegen läßt sich der Fehler nach den Erfahrungen von WORTMANN (3) in der Regel durch 30 eine Umgärung des Weines beseitigen.

Trübe Weißweine sehen im auffallenden Licht oft bläulich aus. Ob diese im Kellereibetrieb als Blauwerden (franz.: bleu, bleuissement) bezeichnete Erscheinung nur bei bestimmten Ausscheidungen auftritt oder, was wahrscheinlicher ist, sich bei verschiedenartigen 35 Trübungskörpern zeigt, ist nicht näher untersucht. MATHIEU (2) will in blaugewordenen Schaumweinen der Champagne Trübungsbestandteile sehr wechselnder Beschaffenheit, wie Gips, Weinstein, koagulierbare Stoffe, Eiweißkörper, Kork-Lenticellen, Hefen und Bakterien, gefunden haben. Nach MAZÉ und PACOTTET (1) ist das Blauwerden der Schaum- 40 weine darauf zurückzuführen, daß sich in den Weinen ein von ihnen als *Coccus anomalus* bezeichnetes Bakterium entwickelt, was MANCEAU (1) allerdings bestritten hat. Der Organismus ist angeblich mit dem von WORTMANN (8) beschriebenen *Micrococcus vini* (s. S. 530) identisch.

Von den Geruchs- und Geschmacksfehlern des Weines sei zunächst 45 der sogen. **Schimmelgeschmack** kurz besprochen. Er kann die Folge der Verarbeitung fauler Trauben sein, entsteht im Kellereibetrieb aber noch öfter dadurch, daß zur Herstellung oder Aufbewahrung des Weines verschimmelte Geräte benutzt werden. Der erregende Pilz ist fast immer das als Sammelart anzusehende *Penicillium glaucum*, auf dessen 50 außerordentlich unangenehm riechende und schmeckende Stoffwechselerzeugnisse schon auf S. 378 des vorliegenden Bandes hingewiesen ist. Aehnlich können nach WORTMANN (1) manche *Aspergillus*-Arten, sowie

der Faß- oder Kellerschimmel, *Racodium cellare* Pers., nach Sémichon (1) der Erreger des Mehltaus der Reben, *Oidium Tuckeri* Berk., und nach Capus (1) auch der Erreger des Black rot, *Laestadia Bidwellii* (Vial et Pac.), auf den Geschmack des Weines einwirken. Dagegen dürften *Botrytis cinerea* (Pers.) und die meisten der anderen traubenbewohnenden Schimmelpilze, die auf S. 378 genannt sind, selbst keine sehr nachteiligen Geschmacksstörungen im Weine hervorrufen, aber doch insofern an der Bildung des Schimmelgeschmacks beteiligt sein, als sie, wie auch Sémichon (2) für *Botrytis cinerea* betont, den Boden für die Entwicklung des *Penicillium* vorbereiten. Die Geschmacksfehler, welche die *Plasmopara (Peronospora) viticola* verursacht (s. S. 376), sind im wesentlichen auf die gleichen Ursachen zurückzuführen; worüber man die Zusammenstellung von Cercelet (1) einsehen möge.

Die übel schmeckenden Stoffe des *Penicillium* werden nach Sémichon (1) sowohl von den Sporen wie von den Hyphen des Pilzes erzeugt. Vom Most oder Wein werden sie gelöst, wie nach Sémichon (1) daraus zu entnehmen ist, daß Weine, die mit Schimmelgeschmack behaftet sind, den Fehler nicht verlieren, wenn man sie durch eine Chamberland-Kerze filtriert und so von den Sporen des Pilzes befreit, von denen Wortmann (1) nachgewiesen hat, daß sie im Wein lange lebend und entwicklungsfähig bleiben. Wie die auf S. 378 erwähnte Beobachtung über den nachteiligen Einfluß der *Penicillium*-Fäule der Trauben auf den Cognac zeigt, sind die geschmacksstörenden Stoffe des Pilzes z. T. auch flüchtig. Trotzdem hält sich der Schimmelgeschmack in den Weinen auch bei längerer Lagerung außerordentlich hartnäckig und ist nur in leichteren Fällen durch Schönungen, Behandlung des Weines mit absorbierenden Stoffen, wie Holzkohle, Oel u. dergl., oder durch Umgären zu beseitigen, wie des Näheren aus den Veröffentlichungen von Nessler (1), Sémichon (1), Weigert (1) und Seifert (1) zu ersehen ist. Wie Wortmann (1 u. 4) gezeigt hat, können Weine, die in feuchten Kellern lagern, auch auf der Flasche noch Schimmelgeschmack annehmen weil sich in solchen Räumen die Außenseite der Flaschenkorken gewöhnlich mit einem grünlich-braunen Schimmelüberzug bedeckt, dessen Hyphen in die Lenticellen und Falten der Stopfen hineinwachsen und dabei leicht bis an den Wein gelangen. Erleichtert wird dieses Eindringen der Pilze in die Stopfen durch die Bohrgänge der Raupen von *Tinea cloacella* Haw. und anderer tierischer Korkparasiten, auf die Lüstner (1), Manon (1) und in einer zusammenfassenden Abhandlung Feytaud (1) aufmerksam gemacht haben. Die in den Korken eingenisteten Pilze gehören nach Wortmann (1 u. 4) fast immer zur Gattung *Penicillium*. Daneben sind häufig *Dematium*, *Racodium cellare* und *Cladosporium herbarum* (s. Bd. IV, S. 274) vertreten, auch sollen in den Schimmeldecken Sproßpilze und Bakterien nicht fehlen.

Der beschriebene Fehler der Flaschenweine wird zuweilen auch als **Stopfengeschmack** bezeichnet; richtiger dürfte es aber sein, diese Benennung nur für den eigenartig unangenehmen Beigeschmack zu verwenden, den der Wein durch Berührung mit fehlerhaften Korken annimmt. Schimmelpilze sind an der Entstehung dieses Geschmacksfehlers nach den Beobachtungen von Wortmann (4) und Kroemer (2) nicht, oder jedenfalls nicht direkt beteiligt. Bordas (1) gibt an, daß die unangenehmen Geschmacksstoffe, die den eigentlichen Stopfengeschmack hervorrufen, durch die Mycelien von *Aspergillus niger* (s. Bd. IV, S. 214) oder *Penicillium glaucum* entstehen, die bereits am Baum, und zwar vorzugsweise

an dessen Regenseite, den Kork durchwuchern und ihn gelbfleckig machen. Aehnliche Wahrnehmungen hat Mathieu (4) beschrieben. Bordas (2) empfiehlt deshalb, die Korken im Vakuum bei 120° zu sterilisieren und dann eine Viertelstunde lang mit Dampf von 3 Atmosphären Druck zu behandeln. Anschließend daran sei bemerkt, daß sich die meisten Weinkrankheiten in Geschmacksfehlern äußern. In den folgenden Paragraphen werden wir darauf zurückkommen und beim Milchsäurestich auch den auf S. 359 bereits erwähnten Mäuselgeschmack des Weines nochmals besprechen. Ueber den sogen. Hagelgeschmack vergleiche man die Ausführungen auf der eben angegebenen Seite. Wegen der zahlreichen Geschmacksfehler des Weines, die nicht mykologischer Natur sind, sei auf die einschlägigen Abschnitte in den Handbüchern von Babo und Mach (1), Meissner (1), Sémichon (1) und Windisch (1) verwiesen. Für gewöhnlich rechnet man zu diesen Fehlern auch den Rauchgeschmack des Weines. Fitz (1) hat ihn allerdings auf hefenähnliche Zellen zurückgeführt, die er im Bodensatz eines 68-er Pfälzer Weines fand und die Reess als Sporen von *Botrytis cinerea* bestimmte. Eine ähnlich lautende Angabe von J. Bersch (2) ist von E. Mach (1) zurückgewiesen worden und steht außerdem im Widerspruch mit Müller-Thurgau's (2) Beobachtungen über die Edelfäule. Behrens (2) hält es nicht für unmöglich, daß eine wilde Hefe, die den *Botrytis*-Sporen im Aussehen ähnelt, Rauchgeschmack hervorruft, während Kramer (1) vermutet hat, daß Bakterien daran beteiligt sind.

Als **Böckser** bezeichnet man einen fauligen Geruch und Geschmack des Weines, der durch Schwefelwasserstoff hervorgerufen wird, in manchen Fällen aber außerdem auf der Gegenwart anderer flüchtiger Schwefelverbindungen, nach Mathieu (3) vielleicht des Mercaptans, beruhen mag. Vielfach sieht man auch den bei der Zersetzung von Hefe entstehenden unangenehmen Geruch und Geschmack als Böckser an, was jedoch besser so lange unterbleibt, als nicht erwiesen ist, daß Schwefelwasserstoff auch dabei auftritt. Der eigentliche Böckser ist in § 100 des Vierten Bandes so ausführlich besprochen, daß wir uns hier auf die wichtigsten Angaben beschränken können. Wie zuerst von Nessler (1) und später von Kulisch (1), Wortmann (5) und Seifert (3) festgestellt worden ist, entsteht der Böckser des Weines meist dadurch, daß im Most enthaltener freier Schwefel während der Gärung von den Hefen zu Schwefelwasserstoff reduziert wird. Müller-Thurgau und Osterwalder (1) halten es nicht für ausgeschlossen, daß auch im Wein wachsende Bakterien zu dieser Reduktion befähigt sind, eine Vermutung, die durch die auf S. 107 u. 214 des Dritten Bandes mitgeteilten Beobachtungen über die Verbreitung der Schwefelwasserstoff-Bildung bei den Bakterien gleichfalls nahegelegt wird. Nicht so häufig dürfte es vorkommen, daß der Böckser bei Abwesenheit von freiem Schwefel auftritt. In diesem Falle sind es nach den Beobachtungen von Osterwalder (1) und Schander (1) unorganische wie organische Schwefelverbindungen, besonders Sulfate, aus denen die Hefen Schwefelwasserstoff oder andere flüchtige Schwefelverbindungen erzeugen. Dasselbe vermögen nach Schander (1) die sogen. Apiculatus-Hefen und einige Kahmpilze, vermutlich aber auch manche der im Wein vorkommenden Bakterien. Diese Tatsachen erklären wohl die Angaben von Nessler (1), wonach auf gipshaltigen Erden und auf Tonböden, die mit Eisenkies durchsetzt sind, ferner nach starker Düngung der Weinberge mit Stallmist oder Wollabfällen fast regelmäßig böcksernde Weine

gewonnen werden. Vermutlich fällt unter solchen Bedingungen der Gehalt der Moste an reduzierbaren Schwefelverbindungen besonders groß aus. Ueber die Einzelheiten des Reduktionsvorganges, der zur Bildung des Schwefelwasserstoffs führt, und über die Eigenschaften des dabei mitwirkenden Enzyms (Philothion) vergleiche man die Ausführungen in § 100 des Vierten Bandes. Gewöhnlich verschwindet der Böckser während der Kellerbehandlung der Weine von selbst, besonders wenn man die Verflüchtigung des Schwefelwasserstoffs durch Lüften des Weines begünstigt. Starker Böckser läßt sich durch Einschwefeln der Weine entfernen, was auf die bekannte Reaktion zwischen schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff zurückzuführen ist. Das von Gimel (1) empfohlene Verfahren, den Böckser durch Behandeln der Weine mit Kupferspänen zu beseitigen, sieht Müller-Thurgau (3) anscheinend für brauchbar an, während es Pozzi-Escot (1) entschieden verwirft, weil der Wein Kupfer stark angreift. In Deutschland ist das Verfahren gesetzlich nicht zulässig.

§ 115. Das Kahmigwerden.

Das Kahmigwerden (fleur de vin) ist nächst dem Essigstich eine der häufigsten Infektionskrankheiten des Weines, die zufolge einer Angabe von Bassermann-Jordan (1) vermutlich schon seit römischer Zeit, sicher aber seit dem frühen Mittelalter bekannt ist, deren Erreger jedoch erst von Desmazières (1) und später von Pasteur (1) unter der Bezeichnung *Mycoderma vini* beschrieben worden sind. Heute kann als festgestellt gelten, daß an der Kahmbildung des Weines nicht nur Vertreter der in neuerer Zeit von Will (1) schärfer umgrenzten Gattung *Mycoderma*, sondern auch deckenbildende Saccharomycetaceen der Gattungen *Willia* und *Pichia*, sowie gewisse hautbildende Torulaceen beteiligt sein können. Zu entnehmen ist diese im 14. Kapitel des Vierten Bandes bereits angedeutete Tatsache aus den Untersuchungsergebnissen von Seifert (4 u. 5), Meissner (3) und Leberle (1) sowie einigen von Kroemer (3) mitgeteilten Wahrnehmungen über die Entwicklungsmöglichkeit von *Pichia*- und *Willia*-Arten in alkoholhaltigen Mosten. Aus dem Inhalt des 14. Kapitels geht hervor, daß Pilze der genannten Gruppen auf sämtlichen zur Weinbereitung dienenden Früchten vorkommen. Von diesen aus gelangen sie in den Most, überstehen darin, ohne abzusterben, die Gärung und bleiben später auch noch im Wein jahrelang entwicklungsfähig, wie Wortmann (6) durch den Nachweis gezeigt hat, daß über 25 Jahre alte Flaschenweine noch lebende Kahmpilze enthalten können. Seltener dürfte es nach Wortmann (1) sein, daß aus der Luft Kahmpilze in den Wein übertragen werden. Auch eine ältere Beobachtung von Mayer (1) spricht nicht für diese Art der Infektion, dagegen wird die Ansteckung durch mangelhaft gereinigte Kellereigeräte sicher sehr häufig sein, zumal es nach den auf S. 213 des Vierten Bandes erwähnten Untersuchungen von Will (2) *Mycoderma*-Arten gibt, die sich in lufttrockenem Zustande bestimmt Monate hindurch vermehrungsfähig erhalten.

Im Hinblick auf diese Verhältnisse ist die von Wortmann (1) und Aderhold (1) erwiesene Tatsache nicht auffallend, daß Kahmbildner in keinem Most und Jungweine fehlen. Während der Gärung wird der von ihnen angerichtete Schaden selten groß sein, da sie sich nach den

Feststellungen von LOPRIORE (1) in Mosten, die mit Kohlensäure gesättigt sind, nicht vermehren. In offen gärenden Rotwein-Maischen ist ihre Entwicklung zwar möglich, unter den Verhältnissen der Praxis aber meist nicht von weiterem Nachteil. Stärker gefährden sie den Wein jedenfalls erst nach der Gärung, wenn sich die schützende Wir- 5 kung der Kohlensäure nicht mehr geltend macht. In schwereren Weinen vermögen sie allerdings nicht zu wachsen, weil sie gegen höheren Alkoholgehalt empfindlich sind. Nach den Versuchen von A. KOCH (1), SEIFERT (4) und KROEMER (3) erlischt ihre Vermehrungsfähigkeit im Wein bei Gegenwart von 8—10 Gew.-Proz. Alkohol. Im Kellereibetrieb 10 wird Kahmbildung im allgemeinen nur in solchen Weinen beobachtet, die weniger als 9,5 Gew.-Proz. Alkohol enthalten, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, daß der hemmende Einfluß des Alkohols durch die in den Weinen enthaltene schweflige Säure verstärkt wird. Wie die Beobachtungen von MORITZ (1), NESSLER (4), SEIFERT (6) und KROEMER (4) 15 ergeben haben, behindert diese Säure, namentlich solange sie noch in freiem Zustand vorhanden ist, die meisten Kahmpilze im Wachstum, wenn auch zur völligen Vernichtung einzelner Formen, wie z. B. mancher Stämme von *Willia anomala*, nach den Wahrnehmungen von KROEMER (4) bis 300 mg Schwefeldioxyd im Liter (verdünnten Mostes) erforderlich 20 sind. Die verschiedene Neigung der Weine zur Kahmbildung beruht daneben aber sicher noch auf anderen Ursachen. Nach den Ergebnissen der älteren Versuche von SCHULZ (1), MACH und PORTELE (1), sowie MORITZ (2) scheinen gerbstoffreiche Weine gegen Kahm besser geschützt zu sein als gerbstoffarme, wozu unter Hinweis auf S. 313 des Vierten 25 Bandes allerdings bemerkt werden muß, daß nach MEISSNER (4) einzelne *Mycoderma*-Arten Tannin zu zersetzen vermögen. Inwieweit der Säuregehalt der Weine die Kahmbildung hemmt oder begünstigt, ist an Reinzuchten von Kahmpilzen des Weines noch nicht genau verfolgt worden, dagegen haben LEBERLE (1) und WILL (1) bei einer Untersuchung von 30 vier *Mycoderma*-Arten des Bieres die Säuremengen ermittelt, bei denen die Deckenbildung unterbleibt. Es hat sich dabei herausgestellt, daß hierzu erforderlich sind 1 Proz. Essigsäure, 2,5—4 Proz. Bernsteinsäure, Milchsäure oder Weinsäure, 7—8,5 Proz. Citronensäure und 12—18 Proz. Aepfelsäure. Aepfelweine und kleinere Traubenweine, deren Säure 35 größtenteils aus Aepfelsäure besteht, dürften deshalb für Kahm besonders empfänglich sein.

Der Schaden, den die Kahmpilze hervorrufen, richtet sich danach, ob sie Gelegenheit finden, sich im Wein stärker zu entwickeln oder nicht. In leichteren Faßweinen (Traubenweinen und Obstweinen), die 40 nicht spundvoll gehalten werden oder, wie die Ausschenkweine mancher Gegenden, längere Zeit im Anbruch liegen, vermehren sie sich leicht so stark, daß auf der Oberfläche des Weines mehr oder minder dicke Kahmhäute entstehen, deren ältere Schichten nach und nach zu Boden sinken und starke Trübungen verursachen. Dabei erleidet der Wein, 45 wie schon die älteren Beobachtungen von SCHAFFER (1) und ROCQUES (1) ergeben haben, tiefgreifende Umsetzungen; der Gehalt an Alkohol, Extraktbestandteilen und Säure geht zurück, während flüchtige Säuren, Ester und andere für die Güte des Weines nachteilige Erzeugnisse neu entstehen. Der Alkohol wird von den Vertretern der Gattung *Mycoderma*, 50 wie LEBERLE (1) und WILL (1) gezeigt haben, zunächst lebhaft zu Säure oxydiert. Diese wird dann wie die natürlichen Säuren des Weines weiter zerstört. Die von LEBERLE (1) untersuchten Arten greifen

Essigsäure, Bernsteinsäure und Aepfelsäure besonders stark an, während sie Citronensäure und Weinsäure kaum assimilieren. Aehnlich verhalten sich die von A. Koch (1) und Seifert (4) aus Wein gezüchteten Kahmpilze, sowie einzelne der von Meissner (3 u. 5) untersuchten Arten; im übrigen bestehen bei den einzelnen Kahmpilzen im Verhalten gegen die Säuren des Weines beträchtliche Verschiedenheiten, auf die besonders Meissner (3) und Seifert (4) aufmerksam gemacht haben. Näheres ist darüber bereits auf S. 310 des Vierten Bandes gesagt worden, wo auch auf die mit älteren Beobachtungen von Rayman und Kruis (1) sowie Will (3) im Einklang stehenden Angaben von Meissner (3) hingewiesen ist, nach denen die Kahmpilze des Weines unter Umständen auch alkalisch reagierende Substanzen (Ammonium-Verbindungen) erzeugen, die naturgemäß ebenfalls zur Säureverminderung beitragen. Die neben der Säurezerstörung von den Kahmpilzen unterhaltene Säurebildung führt im Wein, wie Meissner (5) beobachtet hat, unter Umständen zu einer geringen Erhöhung des Säuregehalts. Unter den entstehenden Säuren befindet sich nach den Angaben dieses Forschers nicht selten Buttersäure. Andererseits ist durch die Beobachtungen von Lafar (1) und die späteren Untersuchungen von Meissner (3) und Will (1 u. 4) erwiesen, daß manche Kahmpilze auch beträchtliche Mengen von Essigsäure erzeugen. Meissner (3) glaubt, daß vorzugsweise der Zucker als Ausgangsstoff für die Abscheidung der Säure dient. Dagegen hat Will (1) festgestellt, daß die von Leberle untersuchten *Mycoderma*-Arten die Säure in erster Linie aus dem Alkohol bilden. Nach Pasteur (1) und Roeser (1) entsteht durch die Tätigkeit der Kahmpilze im Wein auch Aldehyd. Ueber die Einwirkungen der Kahmpilze auf das Glycerin und die Gerbstoffe des Weines vergleiche man das auf S. 313 des Vierten Bandes Gesagte. Blume und Geschmack des Weines werden durch die Kahmpilze in sehr nachteiliger Weise verändert. Die Bouquets werden durch unangenehm wirkende Riechstoffe ersetzt, die möglicherweise aus esterartigen Verbindungen bestehen und nach Meissner (3) in manchen Fällen auch Buttersäure enthalten sollen. *Willia anomala*, die sich im Wein häufig als Kahmbildner bemerkbar macht, erzeugt nach den Angaben auf S. 186 des Vierten Bandes Essigsäure-Aethylester und beeinträchtigt durch diesen geruchlich stark hervortretenden Stoff die Blume feinerer Weine ebenfalls in hohem Maße. Man vergleiche damit die auf S. 466 besprochenen Angaben von Ehrlich und Pistschimuka (1), wonach den Pilzen dieser Gattung auch die Fähigkeit zukommt, primäre Amine in höhere Alkohole überzuführen. Erwähnt sei schließlich noch die entfärbende Wirkung der Kahmpilze, die sich nicht nur im Bier, wo sie Will (4) festgestellt hat, sondern nach Meissner (3) auch im Wein bemerkbar macht.

Eine braune Verfärbung, wie sie Meissner (3) nach den Angaben auf S. 310 des Vierten Bandes in kahmigen Traubensäften beobachtet hat, ist im Wein ebenfalls möglich, wäre aber als Zeichen einer völligen Zersetzung des Weines anzusehen. Die mit der Kahmbildung verbundene Säureverminderung hat übrigens nicht selten zur Folge, daß sich in den Weinen der auf S. 499 beschriebene Fehler des Schwarzwerdens einstellt.

Im allgemeinen sind ernstere Schädigungen des Weines durch Kahmbildung in den Weinkellereien heute eine Seltenheit. Dagegen dürften sich Nachteile, die durch schwächeres Wachstum von Kahmpilzen hervorgerufen werden, noch sehr häufig bemerkbar machen. Wie

Wortmann (7) in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Winogradsky (1) nachgewiesen hat, vermögen die *Mycoderma*-Arten auch untergetaucht und bei sehr geringem Luftzutritt im Wein zu leben. In Faßweinen, die in trockenen Kellern lagern, wie in Flaschenweinen, deren Kork nicht luftdicht schließt, können sie sich nach Wortmann (1 u. 7) sogar ziemlich lebhaft vermehren und sich, ohne daß es zu einer Deckenbildung kommt, jahrelang am Leben erhalten. Die Folge solcher Kahmentwicklungen ist nach Wortmann (7) stets ein vorzeitiger Rückgang in der Güte der Weine, der sich meist durch einen stumpfen und leeren Geschmack des Weines kenntlich macht und auf dem Verbrauch des sogen. Weinkörpers für den Stoffwechsel und den Aufbau der Kahmzellen beruht. Die Mittel gegen die Entwicklung von Kahmpilzen bestehen in der Abhaltung der Luft vom Wein, Vollhalten der Fässer, Verhinderung von Temperaturschwankungen im Weinkeller, die stets eine Lufterneuerung im Faß-Innern zur Folge haben, Einschwefeln und Anschluß der im Anbruch liegenden Fässer an Kohlensäure-Apparate. Nähere Angaben darüber enthalten die Handbücher von Babo und Mach (1), Windisch (1) und Wortmann (1).

§ 116. Der Essigstich.

Unter ganz ähnlichen Bedingungen und ebenso häufig wie das Kahmigwerden tritt der Essigstich des Weines auf, hervorgebracht durch Essigsäure-Bakterien, die den Alkohol des Weines zu Essigsäure oxydieren. Die Erreger dieser gefährlichen Weinkrankheit finden sich auf allen Rohstoffen der Weinbereitung, besonders reichlich auf verletzten Früchten, wie auf S. 346 u. 376 bereits des Näheren auseinandergesetzt ist. Fuhrmann (1) hat zwar auf Weintrauben am Stock Essigsäure-Bakterien nicht feststellen können, was aber wohl darauf zurückzuführen ist, daß er grüne, nicht ganz reife Beeren untersucht hat. An solchen Früchten werden sich die Essigsäure-Bakterien wie die Hefen allerdings nur kurze Zeit am Leben erhalten, dagegen vermögen sie sich auf reifen Keltertrauben und auf anderem Mostobst, wie auch Wortmann (1) angedeutet hat, unter Umständen sogar sehr lebhaft zu entwickeln.

Die Lebensbedingungen der Essigsäure-Bakterien verschlechtern sich nicht mit dem Einmaischen und Keltern der Früchte, da die Traubenmasse beim Mahlen und Entrappen stark gelüftet wird und der fertige Gärstoff zunächst mit der Luft in Berührung bleibt. Im Laufe der Herbstarbeiten mögen sich Essigsäure-Bakterien auch in den Keltergeräten einnisten und von da wieder auf neu eingebrachte Trauben übergehen, woraus aber nicht zu entnehmen ist, daß die Ansteckung der Maischen mit Essigsäure-Bakterien, wie Fuhrmann (1) glaubt, ausschließlich auf diesem Wege erfolgt. Höhere Temperatur der Trauben und der Kelterräume und Verzögerungen bei der Zubereitung des Gärstoffs fördern die Entwicklung der Essigsäure-Bakterien in hohem Grade. Deshalb stellt sich nach dem Aufnehmen der Weißwein-Maischen (s. S. 386) leicht Essigstich ein, und dasselbe ist nach Windisch (1) der Fall, wenn die Trester zu lange in der Presse bleiben, wo sie sich durch Selbsterwärmung meist stark erhitzen. Während der Gärung ist dagegen weiteres Wachstum der Essigsäure-Bakterien ausgeschlossen, sobald die Luft von dem Gärstoff ferngehalten wird. In offen gärenden Rotwein-Maischen finden

die Schädlinge allerdings sehr vorteilhafte Lebensbedingungen, vor allem in dem sogen. Hut (s. S. 387). Fertige Weine erliegen der Krankheit stets, wenn sie längere Zeit mit der Luft in Berührung bleiben, was z. B. eintritt, wenn die Fässer nicht vollgehalten werden oder der Wein
5 gleich aus dem Faß zum Ausschank kommt. Gewöhnlich entwickeln sich auf der Oberfläche solcher Weine, wie schon PASTEUR (2) beobachtet hat, gleichzeitig Essigsäure-Bakterien und Kahmpilze. Ob auf einem Wein mehr die einen oder die anderen dieser Schädlinge zur Ausbreitung gelangen, hängt sicher von sehr verschiedenen Umständen ab,
10 von denen genauer aber nur der Einfluß des Alkohols bekannt ist. Gegen den letzteren sind die Essigsäure-Bakterien widerstandsfähiger als die Kahmpilze, und infolgedessen neigen schwere Weine bei Luftzutritt leichter zum Stich als zum Kahm. Nicht durch den Essigstich gefährdet sind nur ganz schwere Weine, die nach WORTMANN (1)
15 mindestens 11 g Alkohol in 100 ccm enthalten müssen, wozu PEROLD (1) bemerkt hat, daß selbst Weine von 15—16 Maß-Proz. (=12,0—12,7 Gew.-Proz.) Alkohol zuweilen noch stichig werden. Nach CARLES (1) und WINDISCH (1) wird die vorbeugende Wirkung des Alkohols gegen den Essigstich durch die Gegenwart größerer Säuremengen verstärkt, was
20 mit der praktischen Erfahrung übereinstimmt, daß leichte Weißweine und Obstweine für die Krankheit besonders empfänglich sind. Ebenso sind nach WINDISCH (1) unvollkommen durchgegorene Weine dem Stichigwerden sehr ausgesetzt. Gefördert wird die Krankheit außerdem durch höhere Gär- und Lager-Temperaturen, und deshalb sind auch vorzugs-
25 weise in südlichen Gebieten mit Rotweinbau die Bedingungen für ihre Entstehung gegeben.

Die verschiedenen Erreger des Essigstichs des Weines sind noch nicht genauer umgrenzt. Nachdem sie zuerst KÜTZING (1) beobachtet hatte, wurden sie später unter dem Namen *Mycoderma aceti* von PASTEUR (2)
30 beschrieben, der aber noch nicht mit dem Bestehen mehrerer Arten rechnete. Erst als die im nächsten Kapitel zu besprechenden Untersuchungen von W. VON KNIERIEM und AD. MAYER (1), WURM (1), E. CHR. HANSEN (1) und BROWN (1) vorlagen, machte WERMISCHEFF (1) den Versuch, die im Rotwein auftretenden Essigsäure-Bakterien genauer zu
35 charakterisieren, wobei er zwei verschiedene Arten auffand, darunter eine, die in ihrem Verhalten dem von BROWN (1) entdeckten *Bacterium xylinum* ähnelte. KRAMER (1) war der Meinung, daß in stichigen Weinen vorzugsweise *Bacterium aceti* auftrete, während SEIFERT (7) aus einem solchen Wein drei verschiedene Arten von Essigsäure-Bakterien züchtete,
40 darunter neben *B. Pasteurianum* und *B. xylinum* eine unbewegliche, sich mit Jod nicht bläuende Art, deren zarte Häute, wie die des *B. Kützingianum*, an den Gefäßwänden in die Höhe klettern. HENNEBERG (1) beobachtete in Wein wiederholt die von ihm aufgestellte Art *B. ascendens*, und FUHRMANN (1) trennte aus einem gesunden steierischen Weißwein
45 eine neue (*Acetobacter plicatum* benannte) Art ab, die in Wein noch bei einem Alkohol-Gehalt von 11 Gew.-Proz. gedeiht und zum Wachstum in dieser Flüssigkeit im allgemeinen eine niedrige Temperatur (um 25° C) verlangt. Einen Versuch, die im Wein vorkommenden Essigsäure-Bakterien systematisch zu bearbeiten, machte PEROLD (1), dem es dabei
50 gelang, elf verschiedene Arten zu ermitteln, darunter schwach säuernde, 6—6,5 Proz. Essigsäure bildende Arten und mehrere stark säuernde Arten, die in seinen Versuchsflüssigkeiten 8,3—9,6 Proz. Essigsäure erzeugten. Vermutlich sind auch die von HENNEBERG (2) als *B. xylinoides*

und *B. orleanense* bezeichneten Bakterien und mehrere von ROTHENBACH (1) aus Weinessig gezüchtete, nicht näher benannte Arten am Stichigwerden des Weines beteiligt. Zwei aus milchsäurestichigen Obstweinen gezüchtete Essigsäure-Bakterien hat neuerdings OSTERWALDER (2) beschrieben und auf ihre Säurebildung untersucht. Eine genauere Kenn- 5 zeichnung der aufgezählten Arten wird das nächste Kapitel bringen.

Die Nachteile des Essigstichs für die Weingärung zeigen die auf S. 425 besprochenen Untersuchungen über den Einfluß der Essigsäure auf die Tätigkeit der Hefen. Für den fertigen Wein ist der Essigstich besonders deswegen gefährlich, weil schon außerordentlich kleine Mengen 10 von Essigsäure genügen, um den Geschmack des Weines erheblich zu verschlechtern. Bei alkohol-, extrakt- und säurearmen Weinen macht sich diese Wirkung nach WINDISCH (1) schon bei Gegenwart von 0,1 Proz. Essigsäure so stark bemerkbar, daß der Wein fehlerhaft erscheint; dagegen treten in Weinen von höherem Zucker-, Alkohol- 15 und Gerbstoff-Gehalt unter Umständen selbst 0,2—0,25 Proz. flüchtige Säure nicht störend hervor, wenn sie auch einer feinen Zunge in dieser Menge nie verborgen bleiben. MACH und PORTELE (2) glauben, daß sich höchstens 0,13—0,15 Proz. Essigsäure durch Süße und höheren Alkoholgehalt des Weines einigermaßen verdecken lassen, wozu bemerkt sei, 20 daß die deutschen Nahrungsmittel-Chemiker im allgemeinen ausgesprochenen Essigstich als vorliegend ansehen, wenn der Gehalt an flüchtiger Säure in Weißweinen mehr als 0,12 g, in Rotweinen mehr als 0,16 g in 100 ccm beträgt. Freilich genügt die übliche chemische Bestimmung der flüchtigen Säuren, wie hier vorgreifend erwähnt sei, 25 zum sicheren Nachweis des Essigstichs nicht, da verschiedene Gärungserreger des Weines flüchtige Säure in beträchtlichen Mengen erzeugen können. Neben dem Geschmack werden auch andere Eigenschaften des Weines durch den Essigstich verändert. So stellt sich mit beginnendem Stich zuweilen eine Trübung des Weines ein, die vielleicht auf die 30 Anwesenheit solcher Bakterien schließen läßt, wie sie LINDNER (1) beschrieben hat. In australischem Wein sind nach einer Mitteilung von SMITH (1) derartige Trübungen gleichfalls zu beobachten. Bis zur Bildung stärkerer Decken schreitet die Entwicklung der Essigbakterien in den Weinkellereien heute wohl selten vor, dagegen ist es nach WINDISCH (1) 35 möglich, daß sich auf der Oberfläche der Weine dünne Bakterienhäute bilden. Zuweilen werden stichige Weine auch zähe, was man wie BEIJERINCK (1) vielleicht mit dem Auftreten von schleimbildenden Varietäten von *B. rancens* und *B. Pasteurianum* in Zusammenhang bringen könnte. Nach SEIFERT (2) sollen stark stichige Weine bei 40 geringem Gehalt an nicht-flüchtigen Säuren auch leicht zum Schwarzwerden neigen, weil die Essigsäure der Entstehung von Ferritannat wenig hinderlich ist. Ueber die Einwirkung der Essigsäure-Bakterien auf die chemische Zusammensetzung des Weines enthält das folgende Kapitel nähere Angaben, wobei vorausgeschickt sei, daß nach den Versuchen 45 von OSTERWALDER (2) verschiedene Essigsäure-Bakterien im Wein neben Essigsäure in geringen Mengen auch Milchsäure erzeugen.

Zur Bekämpfung der Essigsäure-Bakterien während der Gärung ist außer den im 16. Kapitel angegebenen Maßregeln zur Unterdrückung der Gärungsschädlinge von SEIFERT (1) und SÉMICHON (1) noch besonders 50 das auf S. 406 beschriebene Sulfit-Verfahren empfohlen worden, dessen Nutzen sich aus der von SEIFERT (6) und HAILER (1) ermittelten Empfindlichkeit der Essigsäure-Bakterien gegen schweflige Säure ergibt. Man

vergleiche damit die einschlägigen Paragraphen des nächsten Kapitels. Weine, die nach ihrem Gehalt an flüchtiger Säure zum Stich neigen, werden am besten pasteurisiert. Nach KEHLHOFER (2) ist diese Behandlung schon angebracht, wenn die Menge der flüchtigen Säuren im Jungwein auf 0,07—0,08 g in 100 ccm gestiegen ist. Nicht sehr erfolgversprechend ist nach den Beobachtungen von REISCH (1) das von WINDISCH (2) in einigen Fällen als brauchbar befundene Verfahren, stichige Weine durch eine Umgärung wieder herzustellen. Ganz unzweckmäßig ist die Entsäuerung stichiger Weine. Man vermindert damit zwar die Gesamtsäure, verbessert aber gleichzeitig die Lebensbedingungen für die Essigsäure-Bakterien, weil nur die nicht-flüchtigen Säuren, in erster Linie die Weinsäure, durch kohlensauren Kalk ausgefällt werden, wie die Versuche von REIS (1) ergeben haben. Man vergleiche damit die Angabe von SAUZÉAT (1). Das von DUFOUR und DANIEL (1) vorgeschlagene Mittel, den Essigstich des Weines durch Zusatz von basischem Wismutnitrat (*Bismuthum subnitricum*) zu unterdrücken, ist gesetzlich nicht zulässig. Ueber den Versuch von SCHNITZLER und HENRI (1), die Erreger des Essigstichs durch Einwirkung ultravioletter Strahlen zu vernichten, und den Vorschlag von TOLOMEI (2), stichige Weine durch starke Entladungen von Elektrizität zu heilen, vergleiche man S. 593.

Wie in ähnlichem Sinne bereits PREYSS (1) und BEHRENS (2) ausgeführt haben, dürfte der Essigstich in der Praxis und wohl auch von einzelnen Chemikern vielfach mit anderen Krankheitserscheinungen verwechselt werden. Deshalb sei daran erinnert, daß nicht nur die Essigsäure-Bakterien, sondern auch andere Gärungserreger des Weines verhältnismäßig große Mengen von flüchtiger Säure erzeugen können. So besitzen diese Fähigkeit, wie an verschiedenen Stellen dieses Werkes angegeben ist, z. B. einzelne von LAFAR (1), WILL (4) und SEIFERT (4) untersuchte Vertreter der Gattung *Mycoderma*, ferner manche der sogen. Apiculatus-Hefen, von denen eine durch MÜLLER-THURGAU (3) untersuchte Rasse in Traubenwein 0,09 Proz., in Birnwein 0,12 Proz. flüchtige Säure bildete. Aehnliche Beobachtungen über diese Hefen haben SEIFERT (7 u. 8) und AMTHOR (1) gemacht. Daß auch die gewöhnlichen Weinhefen unter gewissen Verhältnissen sehr viel flüchtige Säure abscheiden, ist auf S. 460 eingehend erörtert worden. Endlich verdient noch besondere Aufmerksamkeit die Tatsache, daß die Erreger des Milchsäurestichs und der Mannitgärung, auf die in den folgenden zwei Paragraphen eingegangen werden soll, stets flüchtige Säure in beträchtlicher Menge erzeugen. Manche Angaben über essigstichige Weine, die von Chemikern gemacht worden sind, so z. B. die von J. A. MÜLLER (1) und ERCKMANN (1), legen den Gedanken nahe, daß den Analytikern in diesem Falle milchsäurestichige Weine vorgelegen haben. Man vergleiche damit auch die zusammenfassende Besprechung von KROEMER (5).

§ 117. Der Milchsäurestich.

Als Milchsäurestich pflegt man eine Weinkrankheit zu bezeichnen, die vorzugsweise in säurearmen Weinen auftritt und daher in den milden Traubenweinen südlicher Herkunft häufiger zu beobachten ist als in den säurereichen Gewächsen nördlicher Weinbaugebiete. Wie MÜLLER-THURGAU (5 u. 6) und MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) nachgewiesen haben, werden auch manche Obst- und Beerenweine, be-

sonders weiche Birnweine, leicht von der Krankheit befallen, und ebenso erliegen ihr nicht selten die stark überstreckten, gallisierten Weine. Die Krankheit gibt sich durch einen süßlich-säuerlichen, etwas kratzenden Geschmack und einen eigenartigen Geruch zu erkennen, der an unverdorbenes Sauerkraut erinnert. Müller-Thurgau (6) hat es wahrscheinlich gemacht, daß letzterer von Estern der Milchsäure herrührt, während Kramer (1), Meissner (1 u. 6), Seifert (1) und Windisch (1) annehmen, daß er auf die Gegenwart von Buttersäure zurückzuführen ist. Anlaß dazu hat vielleicht die Tatsache geboten, daß sich in stark milchsäurestichigen Weinen manchmal auch Buttersäure-Gärungen einstellen, wie das offenbar bei gewissen von Mach und Portele (3) näher untersuchten Tiroler-Weinen der Fall gewesen ist, die aus stark mit kalkhaltiger Erde verunreinigten Trauben hergestellt worden waren. Weine, die in dieser Weise erkranken, bezeichnet man wegen ihres eigenartigen, ranzigen Geruches als zickend (von Zicklein, Ziege abgeleitet). Es hat das dazu geführt, daß man in der wissenschaftlichen Literatur den Ausdruck Zickendwerden auch zur Bezeichnung des Milchsäurestichs verwendet, was aber nicht mehr ganz zweckmäßig ist, seitdem Müller-Thurgau und Osterwalder (1) nachgewiesen haben, daß Buttersäure beim eigentlichen Milchsäurestich nicht entsteht. Wesentlich für die Krankheit ist die Tatsache, daß dabei neben Milchsäure stets beträchtliche Mengen von flüchtiger Säure gebildet werden; auch läßt sich die Krankheit in vielen Fällen an dem Auftreten von Mannit im Wein erkennen.

Die Erreger des Milchsäurestichs hat zuerst J. Bersch (1) beschrieben, nachdem vorher schon Pasteur (2) die Entstehung der Milchsäure im Wein auf die Tätigkeit eines Spaltpilzes zurückgeführt hatte. Genauer sind die in Frage kommenden Milchsäurebildner aber erst von Müller-Thurgau (5, 7, 8) und von Müller-Thurgau und Osterwalder (1) untersucht worden. Nach ihren Beobachtungen handelt es sich um Milchsäure-Bakterien, die ausschließlich im Wein und in Flüssigkeiten ähnlicher Zusammensetzung vorkommen und mit keiner der bekannten Arten von Milchsäure-Bakterien aus anderen Gärstoffen identisch sind. Die am häufigsten auftretende Art scheint das von Müller-Thurgau (8) beschriebene *Bacterium mannitopoeum* M.-Th. zu sein. Es bildet kürzere oder längere, septierte und nicht septierte Fäden, sowie unbewegliche Kurzstäbchen, die 1.5 μ lang sind und in der Breite meist zwischen 0.7 und 1.3 μ schwanken. In Obst-Säften und in Weinen erscheint es oft in größeren Flocken, die aus langen, vielfach ineinander geschlungenen Fäden bestehen, oder auch in Form von kugeligen Zooglöen, in denen die meist nicht mehr unterscheidbaren Einzel-Bakterien durch eine Zwischensubstanz verklebt sind. Aus derartigen Zooglöen gehen zuweilen runde bis eiförmige, manchmal mit nabelartigen oder schlauchförmigen Ausstülpungen versehene Bakterienblasen (Bakteriocysten) hervor, Gebilde, die sich unter ähnlichen Verhältnissen auch bei *Micrococcus acidovorax* M.-Th. et O. (vergl. S. 474), *Bacterium gracile* M.-Th. (vergl. S. 475) und bei einem Weinbakterium zeigen, das Müller-Thurgau (8) ursprünglich unter dem Namen *Micrococcus cystiopoeus* beschrieben hat, neuerdings als besondere Art aber nicht mehr aufrecht erhält. Der Durchmesser der Bakterien-Blasen schwankt bei *B. mannitopoeum* im allgemeinen zwischen 10 und 1000 μ, doch hat Müller-Thurgau (8) in einem jahrelang auf der Hefe gebliebenen Reinholz-Birnwein auch eiförmige Blasen von 12—20 mm Längendurchmesser

beobachtet. Die allseitig geschlossene Haut der Bakterien-Blasen ist glatt, vollkommen durchsichtig und in der Regel 0,5—2 μ dick. Wie sie zustande kommt, ist noch nicht vollkommen aufgeklärt. Nach Müller-Thurgau (8) ist es nicht unmöglich, daß sie eine Niederschlagsmembran ist, die durch die Einwirkung des im Wein enthaltenen Gerbstoffs auf eiweißartige Ausscheidungen der Bakterien entsteht. Richtiger dürfte es nach dem genannten Forscher aber sein, sie als eine von der Grenzschicht des Zooglöen-Schleimes gebildete Kolloid-Membran anzusehen, die durch den Gerbstoff des Weines unlöslich wird. Kleine, eben entstandene Blasen enthalten nur Bakterien, die durch Schleim verklebt sind. In älteren und größeren Blasen fehlt der Schleim: die Bakterien liegen hier am Grunde der Blasen, während der übrige Raum von einer wasserhellen, sauer reagierenden Flüssigkeit erfüllt ist.

Bacterium mannitopoeum ist fakultativ anaerob und vermag bei Luftabschluß fast ebensogut zu wachsen und Säure zu bilden wie bei Luftzutritt. Es vergärt d-Fructose, d-Glucose und Galactose, wobei neben Milchsäure, Essigsäure und Kohlensäure aus d-Fructose Mannit, aus den beiden anderen Hexosen Aethylalkohol erzeugt wird. Saccharose wird, vermutlich nach Inversion durch ein Endoenzym, in Milchsäure, flüchtige Säure, Alkohol und Mannit umgesetzt. Unter Auftreten von Milchsäure werden ferner zerlegt: Maltose, Raffinose, l-Arabinose, Xylose, Aepfelsäure, saurer äpfelsaurer Kalk und in geringem Grade auch Citronensäure. Dagegen werden von dem Bakterium nicht angegriffen: neutrales äpfelsaures Kali, äpfelsaures Ammoniak, Weinsäure, weinsaure Salze, Bernsteinsäure und Milchsäure. Das Temperatur-Optimum der Säuerungs-Geschwindigkeit liegt zwischen 26 und 34° C.

B. mannitopoeum bildet Rassen, die sich im Durchmesser der Stäbchen und in der Energie der Milchsäure- und Mannit-Gärung unterscheiden. Müller-Thurgau und Osterwalder (1) haben fünf von diesen Formen reingezüchtet; doch ist deren Zahl damit sicher noch nicht erschöpft. So gehören zum *B. mannitopoeum* jedenfalls die Bakterien, die Müller-Thurgau (5 u. 7) bei seinen ersten Arbeiten über den Milchsäurestich beobachtet hat. Vielleicht ist auch das zooglöenbildende Bakterium dazuzurechnen, das Müller-Thurgau (9) in einem Ingelheimer Rotwein aufgefunden und als *Bacillus piluliformans* bezeichnet hat. Ebenso ist es nach dem auf S. 476 Gesagten leicht möglich, daß die von Seifert (9) und Behrens (3) in Johannisbeer-Weinen aufgefundenen, säurezehrenden Stäbchenbakterien Vertreter aus der Gruppe des *B. mannitopoeum* sind. Nahe verwandt mit dieser Art, wenn auch in den physiologischen Eigenschaften etwas von ihr verschieden, ist das von Gayon und Dubourg (1 u. 2) beschriebene „Mannitferment“, dessen Merkmale auf S. 517 zu besprechen sein werden. Zum Verwandtenkreise des *B. mannitopoeum* dürften ferner zu zählen sein zwei von Laborde (5) aus umgeschlagenen Weinen reingezüchtete Arten von Stäbchenbakterien, sowie die von Mazé und Pacottet (2) aus umgeschlagenen, bitteren und schleimigen Weinen abgeschiedenen Bakterien, von denen die Verfasser selbst annehmen, daß sie dem Mannitferment von Gayon und Dubourg sehr nahe stehen. Milchsäure-Bakterien ähnlicher Art liegen möglicherweise auch in den von Pasteur (2) entdeckten und von Wortmann (8) als *Bacillus vini* bezeichneten Bakterien vor, die man regelmäßig im Trub von bitteren Rotweinen vorfindet. In Ausnahmefällen kommen als Erreger des Milchsäurestichs nach Müller-Thurgau und Osterwalder (1) auch Bakterien aus der Gruppe des auf S. 475 beschriebenen *Bact. gracile* in

Betracht. Sie sind gegen Säure etwas weniger empfindlich als die Rassen des *B. mannitopoeum* und unterscheiden sich von diesen in der Dicke der Stäbchen und der Einwirkung auf Aepfelsäure, stimmen mit ihnen aber im Verhalten gegen d-Fructose nahezu überein, die sie gleichfalls in Milchsäure, flüchtige Säure und Mannit zerlegen. 5

Unter den aus Bier und aus Brennerei-Maischen gezüchteten Milchsäure-Bakterien scheinen sich keine Arten zu finden, die im Wein Milchsäurestich hervorzurufen vermögen. Wie MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) nachgewiesen haben, wächst der auf S. 296 des vorliegenden und auf S. 85 u. 93 des Zweiten Bandes besprochene *Bacillus* 10 *acidificans longissimus* LAFAR (*Bacillus Delbrücki* LEICHMANN), der äußerlich mit dem *B. mannitopoeum* eine gewisse Aehnlichkeit besitzt, in Weinen überhaupt nicht. Der von HENNEBERG (3) aus Berliner Weißbier (s. S. 214) gezüchtete *Saccharobacillus pastorianus var. berolinensis* läßt sich nach den Wahrnehmungen derselben Forscher in sehr säurearmen 15 Obstsäften zwar zur Entwicklung und Säurebildung bringen, dürfte in Wein oder Obstwein aber kaum eine Rolle spielen. Wegen der störenden Einwirkung des Alkohols und der Säure des Weines ist das auch ausgeschlossen bei den zur Milchflora gehörigen, auf S. 83 des Zweiten Bandes erwähnten Arten *Bacillus aerogenes* (*Bact. lactis aerogenes* ESCHE- 20 RICH), *Bacillus acidi lactici* HUEPPE und *Bacterium Güntheri* L. et N. (*Bact. lactis acidi* LEICHMANN), die nach MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) in Wasserbirnsäften mit 1,25 und 2,41 Promille Säure gleichfalls gedeihen und Milchsäure erzeugen. KRAMER (1) soll es zwar gelungen sein, mit *Bacillus acidi lactici* HUEPPE und einem aeroben 25 Buttersäurebildner, dem Urheber der Kartoffelfäule, einen Wein in Milchsäure- und Buttersäure-Gärung zu versetzen, aber dieser Befund besagt nichts gegen die hier vertretene Auffassung, weil der von KRAMER (1) benutzte Versuchswein nur 5 Proz. Alkohol enthielt und die Bakterien erst nach Zugabe von 0,8 Proz. Traubenzucker und etwa 0,1 Proz. 30 Pepton zur Entwicklung kommen ließ. Mithin lagen Verhältnisse vor, die im Wein selten gegeben sind. Auch die Versuche von SEIFERT und HAID (1 u. 2) sprechen nicht dafür, daß Milchbakterien im Wein Milchsäurestich hervorzurufen vermögen; die beiden Forscher haben allerdings beobachtet, daß nach Milch-Schönungen der Milchsäure-Ge- 35 halt des Weines eine geringe Zunahme erfahren kann, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß sich diese Feststellung auf Versuchsbedingungen bezieht, unter denen die Bildung von Milchsäure durch eigene Bakterien des Weines nicht ausgeschlossen war. Es geht das schon daraus hervor, daß die von SEIFERT und HAID (1) gewählten, mit ein Proz. Glucose 40 versetzten Versuchsweine vor der Schönung zwar filtriert, aber nicht sterilisiert wurden. Da sie bei der Lagerung zum Teil in Gärung kamen, zum Teil zähe wurden, bleibt immerhin fraglich, ob die mit der Milch in die Weine gelangten Bakterien sich an der Milchsäure-Bildung beteiligten. Nachdem SEIFERT und HAID (2) festgestellt haben, daß Milch- 45 bakterien in Nährlösungen nicht mehr wachsen, wenn 4 Promille Aepfelsäure zugegen sind, der Säure-Gehalt sich also in Grenzen bewegt, die im Wein meistens überschritten werden, ist es noch unwahrscheinlicher geworden, daß Milchbakterien imstande sein sollten, den Milchsäure-Gehalt von Weinen in nennenswertem Grade zu erhöhen. Nur in sehr 50 weichen und alkoholarmen, schlecht vergorenen Weinen könnten sie eine geringe Vermehrung der Milchsäure herbeiführen, wie die beiden Forscher übrigens selbst annehmen.

Ueber die Bildung von Milchsäure durch Essigsäure-Bakterien vergleiche man die Bemerkung auf S. 509. Daß die Weinhefen größere Mengen von Milchsäure abscheiden können, wie MEISSNER (8) angenommen hat, ist nach den Angaben auf S. 459 und einer neueren Mitteilung von 5 OSTERWALDER (3) nicht wahrscheinlich.

Ueber den Verlauf des Milchsäurestichs und die Umsetzungen, die er im Wein hervorruft, haben MÜLLER-THURGAU (5, 7, 8) und MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) folgende Beobachtungen gemacht. Die Krankheit stellt sich im Wein in der Regel schon vor Abschluß der 10 Hauptgärung ein, kann aber auch später auftreten, da *B. mannitopoeum* bei Abwesenheit von Zucker auch auf Kosten von Extrakt-Bestandteilen zu wachsen vermag. In Obstweinen zeigt sich bei beginnendem Milchsäurestich leicht eine milchige Trübung, die als Begleiterscheinung der starken Bakterien-Entwicklung nach einiger Zeit wieder verschwindet. 15 Nur wenn an ihrer Entstehung, wie das zuweilen vorkommt, auch Ausscheidungen des Weines beteiligt sind, hält sie nach Beendigung der Milchsäuregärung noch an. Wird die Vermehrung der Milchsäure-Bakterien durch die Zusammensetzung der Moste begünstigt, dann wirkt der Milchsäurestich hemmend auf die Alkoholgärung ein, was sich mit 20 der Benachteiligung der Hefen durch die auftretende Essigsäure und mit dem Umstand, daß die Alkoholbildung durch den Zuckerverbrauch der Bakterien eine ziemliche Einbuße erleidet, wohl befriedigend erklären läßt. Die als Erreger der Krankheit hauptsächlich in Frage kommenden Arten *B. mannitopoeum* und *B. gracile* werden ihrerseits 25 durch die Hefen nicht selten deutlich im Wachstum gefördert. Anderseits ist von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) allerdings ermittelt worden, daß die beiden Bakterien-Arten in manchen Obstsäften nicht imstande sind, die Vermehrung der Hefen irgendwie zu stören.

Von den chemischen Veränderungen durch den Milchsäure- 30 stich ist die wichtigste die unter Kohlensäure-Entwicklung vor sich gehende Umsetzung des Zuckers in Milchsäure und verhältnismäßig große Mengen flüchtiger Säure. Deren Gehalt kann in milchsäurestichigen Weinen nach den Wahrnehmungen von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) bis auf 3 Promille und mehr ansteigen. Von den vor- 35 handenen Zuckerarten der Obst- und Traubensäfte wird die Fructose in erster Linie abgebaut, wobei neben den ebengenannten Verbindungen, wie zuerst MÜLLER-THURGAU (6 u. 8) nachgewiesen hat, auch Mannit in beträchtlichen Mengen gebildet wird. Neben der Zersetzung des Zuckers führt der Milchsäurestich in der Regel zu einem Abbau der Aepfel- 40 säure, worüber man in den Arbeiten von MÜLLER-THURGAU (8) und von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) nähere Belege findet. Stellt sich der Milchsäurestich erst nach der Gärung ein, dann äußert er sich ebenfalls in der Entstehung von Milchsäure und flüchtiger Säure, die aber in diesem Falle nicht nur aus dem meist noch vorhandenen Zucker- 45 rest, sondern auch aus anderen Bestandteilen des Weines, vor allem aus Aepfelsäure und Citronensäure, nach MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) vielleicht auch aus Pentosen und Glycerin erzeugt werden. Mannit tritt dabei gewöhnlich nicht auf, weil die Jungweine Fructose in der Regel nicht mehr enthalten. Unterbleibt die Bildung dieses 50 Alkohols, dann zeigen sich die Folgen des Milchsäurestichs, wie MÜLLER-THURGAU (5 u. 7) festgestellt hat, auch in einer beträchtlichen Verminderung des Extraktgehaltes der Weine. Anweisungen zur Beurteilung milchsäurestichiger Weine, die den Bedürfnissen der Nahrungsmittel-

Kontrolle entsprechen, haben Baragiola und Godet (1) und Müller-Thurgau und Osterwalder (1) gegeben.

Die Temperatur beeinflußt das Auftreten des Milchsäurestichs und die Umsetzungen, die er zur Folge hat, in hohem Maße. Bei einem vom Milchsäurestich befallenen Theilersbirn-Saft, den Müller-Thurgau (6) bei verschiedenen Wärmegraden zur Vergärung brachte, betrugen die Mengen der gebildeten Milchsäure bei 6° C 1,90, bei 8° C 2,24, bei 11° C 2,92, bei 13° C 2,64, bei 17° C 3,88, bei 20° C 4,72 und bei 25° C 5,01 Promille. Bei den gleichen Temperaturgraden waren außerdem entstanden 0,02, 0,35, 0,36, 0,41, 0,98, 1,70 und 2,03 Promille flüchtige Säure. Aus diesen Zahlen und ähnlichen von Müller-Thurgau und Osterwalder (1) ermittelten Werten geht hervor, daß der Milchsäurestich schon bei verhältnismäßig niederer Temperatur auftreten kann, daß er aber durch höhere Wärmegrade stark begünstigt wird. Dabei ist zu beachten, daß nach weiteren Feststellungen der genannten Forscher bei gesteigerter Wärmezufuhr die Mannitbildung in höherem Grade angeregt wird als die Milchsäuregärung. So hatten sich in einem milchsäurestichigen Theilersbirn-Wein bei 33° C 4,2 Promille, bei 21° C 4,9 Promille und bei 15° C 2,9 Promille Mannit gebildet, während bei 10° C dieser Alkohol überhaupt nicht entstanden war.

Was die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung des Weines und dem Auftreten des Milchsäurestichs anbelangt, so haben Müller-Thurgau (5 u. 8) und Müller-Thurgau und Osterwalder (1 u. 2) ermittelt, daß vor allem der Gehalt der Weine an Säure, Gerbstoff und Alkohol bestimmend für das Auftreten der Krankheit ist. Jeder von diesen Bestandteilen kann für sich allein den Milchsäurestich verhindern, wenn er in genügenden Mengen vorhanden ist. In Nährlösungen wird das Wachstum des *B. mannitopoeum* zwar erst unterdrückt, wenn mehr als 11 Promille Aepfelsäure oder mehr als 11 Proz. Alkohol zugegen sind. In Weinen, in denen Hemmungen verschiedener Art zusammenwirken, genügen in der Regel aber weit kleinere Mengen von Säure und Alkohol, um die Entwicklung von Milchsäure-Bakterien unmöglich zu machen. So ließ sich z. B. in einem Clävner Wein mit einem Gehalt von 6,8 Promille Säure das *B. mannitopoeum* nicht mehr zur Vermehrung bringen, während in einem Apfelmost, der dem Bakterium günstigere Lebensbedingungen bot, die Wachstumsgrenze bei 8,5 Promille Säure (als Aepfelsäure berechnet) lag.

Schweflige Säure zeigt für sich allein und in mäßigen Mengen angewendet nach den Feststellungen von Müller-Thurgau (10) und Müller-Thurgau und Osterwalder (1 u. 4) oft keinen besonderen Einfluß auf den Milchsäurestich; in Verbindung mit anderen Einwirkungen kann sie aber gegen die Krankheit schützen, besonders dann, wenn sie den Mosten schon vor der Gärung zugesetzt wird. Ebenso hat die Trennung der Weine von der Bodensatzhefe für die Verhinderung des Milchsäurestichs nur dann Bedeutung, wenn die Weine nach ihrer Zusammensetzung für die Krankheit keine besondere Veranlagung zeigen und die Entwicklung der Milchsäure-Bakterien während der Gärung nicht durch höhere Temperaturen zu stark gefördert wird. Wo diese Bedingungen nicht gegeben sind, vermag auch ein frühzeitiger Abstich, wie Müller-Thurgau und Osterwalder (1, 3, 4) nachgewiesen haben, die Weine gegen den Milchsäurestich nicht zu schützen. Wohl aber kann die Vergärung der Moste mit geeigneten Reinhefen, die den Gehalt der Weine an nicht-flüchtiger Säure eher erhöhen als vermindern, als Vorbeugungsmittel

gegen die Krankheit angesehen werden. Wie Müller-Thurgau und Osterwalder (1) hervorheben, empfiehlt es sich deshalb in allen den Fällen, in denen die Weine zum Milchsäurestich neigen, durch frühzeitige Lese, Zugabe säurereicher, gerbstoffhaltiger Früchte zum Mostobst 5 oder durch Zusatz von reiner Säure zunächst dafür zu sorgen, daß der Säure- und Gerbstoff-Gehalt der Moste nicht zu niedrig ausfällt. Die Vergärung ist mit geeigneten Reinhefen bei niedriger Temperatur und nötigenfalls unter Zufuhr von schwefliger Säure durchzuführen. Und endlich ist es geboten, den Wein frühzeitig abzustechen und kühl zu 10 lagern.

§ 118. Die Mannitgärung. Das Mäuseln. Der Buttersäurestich.

Als „fermentation mannitique", Mannitgärung, bezeichnet man in Frankreich eine in südlichen Weinbaugebieten sehr verbreitete Weinkrankheit, die in ihren Merkmalen, wie sich aus den im vorigen Para- 15 graphen besprochenen Untersuchungen von Müller-Thurgau (6 u. 8) ergeben hat, mit dem Milchsäurestich übereinstimmt, die aber hier besonders besprochen werden soll, weil der Milchsäurestich zuweilen auch ohne Mannitgärung verläuft. In Frankreich ist man auf die Krankheit zuerst durch den von verschiedenen Chemikern geführten Nachweis auf- 20 merksam geworden, daß in algerischen, südfranzösischen, spanischen und sizilianischen Weinen nicht selten Mannit enthalten ist. Da diese Verbindung in Feigenweinen, deren Herstellung nach den Mitteilungen von Carles (2) und Vogel (1) in Algier und Portugal vielfach üblich ist, fast nie fehlt, hat Carles (2) alle derartigen Befunde als Zeichen einer 25 Verfälschung der Traubenweine mit Feigen oder Feigenwein angesprochen. Den von seiten der algerischen Weingutsbesitzer erhobenen Einwand, daß sich bei anhaltendem Scirocco in den Weinbeeren Mannit bilde und so in die Traubenweine gelange, haben Carles (3), Daudrieux (1) und Pinard (1) auf Grund ihrer Untersuchungen zurückgewiesen. Später 30 ist nach H. und A. Malbot (1) aber gezeigt worden, daß es auch mannitfreie Feigenweine gibt, und andererseits haben Langlais (1) und Portes (1) festgestellt, daß sich selbst in zuverlässig reinen algerischen und französischen Traubenweinen 0,05—0,70 Proz. Mannit vorfinden kann. Aehnliche Tatsachen haben Jégou (1) und Lebanneur (1) ermittelt und daraufhin 35 wohl zuerst die Vermutung ausgesprochen, daß die mannithaltigen Weine unter dem Einfluß des heißen Scirocco-Windes eine fehlerhafte Gärung durchmachen. Roos (1) hat sich dieser Meinung angeschlossen und nachgewiesen, daß in den mannithaltigen Weinen Gärungserreger vorhanden sind, die den Zucker des Weines in Mannit umwandeln. Ebenso hat 40 Basile (1) den Mannitgehalt der sizilianischen Weine auf krankhafte Gärungsvorgänge zurückgeführt, während Maitre (1) der Meinung Ausdruck gegeben hat, daß in Dattel- und Feigenweinen der Mannit gleichfalls in dieser Weise entstehe. Als Ergebnis von Gärungsvorgängen ist der Mannit allerdings schon weit früher erkannt worden. So hat Strecker (1) 45 bereits 1854 bei einer Spaltpilzgärung von Zucker Mannit und Propionsäure auftreten sehen, und Pasteur (3) bemerkt 1857, daß bei der Milchsäuregärung unter gewissen Umständen Mannit erzeugt wird. Ferner hat C. Scheibler (1) Mannit unter den bakteriellen Gärungs-Produkten nachgewiesen, die sich beim Schleimigwerden des Rübensaftes bilden 50 (vergl. Bd. II, S. 462). Dragendorff (1) hat wahrgenommen, daß Mannit

bei der Milchsäure-Gärung von Rohrzucker entsteht, während KRAMER (2) diese Beobachtung durch den Nachweis ergänzt hat, daß der von ihm reingezüchtete *Bacillus viscosus sacchari* Rohrzucker in Kohlensäure, Mannit und einen Schleimstoff umsetzt. Endlich hat MARCANO (1) mitgeteilt, daß unter den Gärprodukten der Zuckerrohr-Melasse, die in West-Indien zur Gewinnung von Rum dient, stets Mannit vorkommt.

Daß eine Mannitgärung unter gewissen Verhältnissen auch bei der Weingärung möglich ist, haben GAYON und DUBOURG (1 u. 2) unter Angabe einer genauen, später von SCHIDROWITZ (1) etwas abgeänderten Anweisung zur Bestimmung des Mannits im Wein sichergestellt. Nach ihren Ermittlungen kommen in südlichen Weinen auffallend große Mengen von Mannit vor; so haben sie in zwei französischen Rotweinen 8,6 g und 12,4 g, in einem algerischen Rotwein 18,3 g, in einem spanischen Rotwein 23 g und in einem algerischen Weißwein sogar 31,4 g Mannit im Liter aufgefunden. Weißweine führen nach ihren Wahrnehmungen im allgemeinen allerdings weniger Mannit als Rotweine.

Als Mannitbildner erkannten GAYON und DUBOURG (1, 2, 3) einen Spaltpilz, den sie aus einem mannithaltigen Weine gezüchtet hatten. Dieses weniger in morphologischer als in physiologischer Richtung untersuchte Bakterium ist nach MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1), wie auf S. 512 erwähnt worden ist, mit *Bacterium mannitopoeum* jedenfalls nahe verwandt, aber nicht mit ihm identisch. Es ist ebenfalls fakultativ anaerob und vermag, wie dieses, d-Glucose, d-Fructose, Galactose, Saccharose, Maltose, Raffinose und Xylose zu vergären, greift aber, im Gegensatz zu diesem, l-Arabinose, Amygdalin, Aepfelsäure und Citronensäure nicht an. Lactose, die das *B. mannitopoeum* nicht zu spalten vermag, wird von dem Mannitbildner vergoren. Dagegen ist der letztere nicht, wie jenes, befähigt, aus Saccharose Mannit zu erzeugen, sondern greift diesen Zucker direkt an, wobei Milchsäure, Essigsäure, Aethylalkohol, Kohlendioxyd, Glycerin und Bernsteinsäure entstehen. Dieselben Verbindungen sind bei der Vergärung von d-Glucose, Maltose, Lactose und Raffinose nachzuweisen.

Mannit wird nur aus d-Fructose erzeugt, die unter der Einwirkung des Bakteriums außerdem in Milchsäure, Essigsäure und geringe Mengen von Bernsteinsäure und Glycerin zerfällt. Das Verhältnis der entstehenden Gärprodukte zur vergorenen Fructose schwankt bei Mannit von 58,2—72,8 Proz., bei der Essigsäure von 12,8—16,2 Proz., bei der Milchsäure von 9,8—15,0 Proz., beim Kohlendioxyd von 6,7—12,7 Proz. und beim Glycerin von 0,93—1,5 Proz.; bei der Bernsteinsäure beträgt es etwa 0,615 Prozent. Die Mengen der abgespaltenen Essigsäure und Milchsäure sind um so größer, je schwächer die gebotenen Zuckerlösungen sind.

Der entstandene Mannit wird von dem Mannitbildner nicht weiter abgebaut, woraus sich auch die von MÜLLER-THURGAU (6) beobachtete Tatsache erklärt, daß mannithaltige Weine stets einen auffallend hohen Extraktgehalt zeigen. Dabei ist zu beachten, daß nach den Wahrnehmungen von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) Mannit anscheinend auch von anderen Weinbakterien nicht angegriffen wird.

Wie das *B. mannitopoeum*, so wird auch das Mannitbakterium durch höhere Temperaturen im Wachstum stark begünstigt, wodurch sich das häufige Vorkommen von Mannit in Weinen südlicher Herkunft und die Angaben über den Zusammenhang zwischen dem Scirocco und dem Auftreten der Krankheit in Algier ohne weiteres erklären. GAYON und

Dubourg (1) haben unter anderem festgestellt, daß sich das Mannitbakterium bei 35° C im Wein noch gut vermehren kann. Die Empfindlichkeit des Bakteriums gegen höhere Konzentrationen von Säure und Alkohol scheint nahezu ebenso groß zu sein wie bei *B. mannitopoeum.* 5 In Nährlösungen liegt die Wachstumsgrenze des Bakteriums für Weinsäure bei 7 Promille, für Milchsäure bei 8 Promille, für Citronensäure bei 9 Promille und für Essigsäure und Aepfelsäure bei 12 Promille.

Aus allen diesen Merkmalen ergibt sich, daß gegen die Mannitgärung ganz dieselben Abwehr-Maßnahmen anzuwenden sind wie gegen 10 den Milchsäurestich. Ueber die Bedeutung, die den Kühleinrichtungen in südländischen Gärbetrieben für die Verhinderung der Mannitgärung beizumessen ist, vergleiche man S. 389. Gayon und Dubourg (2) haben die Tötungstemperatur des Mannitbildners ermittelt und dabei festgestellt, daß das Bakterium in Nährlösungen eine zwei Minuten lange 15 Erhitzung auf 50° C nicht übersteht. Moste und Jungweine können daher durch Pasteurisieren bei 60° C gegen die Krankheit geschützt werden. Entgegenwirken läßt sich der Krankheit auch durch schweflige Säure. Fluorammonium und basisches Wismutnitrat, gegen die das Mannitbakterium nach den Feststellungen von Gayon und Dubourg (2) 20 sehr empfindlich ist, kommen für die Bekämpfung nicht in Frage, da ihrer Anwendung gesetzliche Bestimmungen entgegenstehen.

Schon aus dem Inhalt des vorhergehenden Paragraphen ist zu entnehmen, daß es außer den von Müller-Thurgau (8) und Gayon und Dubourg (1 u. 2) beschriebenen Mannitbildnern noch andere Weinbakte- 25 rien gibt, die zur Mannitgärung befähigt sind. Diese Tatsache sei aber hier unter Hinweis auf die Arbeiten verschiedener französischer Forscher nochmals hervorgehoben. So haben Mazé und Perrier (1) aus umgeschlagenen, zähen und bitteren Weinen mannitbildende Bakterien reingezüchtet, und dasselbe ist Peglion (2), Laborde (5) sowie Mazé 30 und Pacottet (2) gelungen. Die systematische Stellung dieser von verschiedenen Seiten beschriebenen Bakterien ist allerdings noch ganz fraglich, weil die in Betracht kommenden Weinbakterien je nach den Lebens- und Züchtungs-Bedingungen sehr verschiedenes Aussehen annehmen. Gayon und Dubourg (1 u. 2) vertreten die Ansicht, daß das 35 von ihnen untersuchte Mannitbakterium in seinen Merkmalen von den Erregern des Umschlagens und des Bitterwerdens durchaus abweicht, womit man die Bemerkung auf S. 525 vergleiche.

Laborde (6), Mazé und Pacottet (2) und Kayser und Manceau (1) haben auch in zähen Weinen mannitbildende Bakterien aufgefunden, 40 worauf im folgenden Paragraphen näher einzugehen sein wird. Erwähnt sei hier nur, daß nach den Beobachtungen von H. und A. Malbot (1) die Mehrzahl der mannithaltigen Weine nicht zähe ist.

Im Anschluß an die Besprechung des Milchsäurestichs und der Mannitgärung sei auf das **Mäuseln** des Weines (s. S. 359) hingewiesen, eine 45 Krankheits-Erscheinung, bei der die Weine einen Geruch nach Mäuseharn und einen so widerlichen Geschmack zeigen, daß sie kaum noch zu genießen sind. Bersch (4) hat das Mäuseln als einen Weinfehler angesehen, der lediglich durch schlechte Behandlung des Weines, modrige Fässer und dergl. verursacht würde. Auch sonst ist die Erscheinung 50 als Weinfehler bezeichnet worden, wobei in manchen Fällen allerdings angedeutet wird, daß sie auf mykologischen Vorgängen beruhen dürfte. So gibt Windisch (1) an, daß das Mäuseln besonders bei leichten säurearmen Weinen auftrete, die zu warm vergären oder zu spät abgestochen

werden, wozu ergänzend zu bemerken wäre, daß der Fehler bei gewissen Beerenweinen, wie z. B. bei Stachelbeer- und Johannisbeerweinen, am häufigsten zu beobachten ist. Windisch (1) weist ferner auf die beachtenswerte Tatsache hin, daß mäuselnde Weine stets größere Mengen von flüchtiger Säure enthalten, die nicht durch Essigsäure-Bakterien erzeugt werden, sondern bei Luftabschluß entstehen. Erckmann (1) hat daraufhin betont, daß der Mäuselgeschmack jedenfalls die Folge einer Bakterienkrankheit ist und vermutlich auf der Bildung von Acetamid ($CH_3 \cdot CO \cdot NH_2$) beruht, einer Verbindung, die einen auffallenden Mäusegeruch besitzt. Sie kann durch Einwirkung von Ammoniak auf Essigsäure-Aethylester erhalten werden und entsteht möglicherweise auf ähnlichem Wege auch im Wein. Die Berechtigung dieser Annahme zeigen neuere Beobachtungen von Müller-Thurgau und Osterwalder (1), aus denen hervorgeht, daß *Bacterium mannitopoeum* bei der Zersetzung von d-Glucose, d-Fructose und Saccharose die Erscheinungen des Mäuselgeschmackes hervorruft. Da milchsäurestichige Weine nicht selten mäuseln, darf man heute annehmen, daß der Fehler eine Begleiterscheinung des Milchsäurestichs ist, die möglicherweise nur unter gewissen, noch nicht erforschten Bedingungen auftritt. Mit dieser Erklärung lassen sich die vorhin erwähnten Wahrnehmungen von Windisch (1) ohne weiteres vereinigen. Die Beseitigung des Mäuselgeschmackes soll nach Bauer (1), Seifert (10) und Merz (1) durch Behandeln der Weine mit Eponit, einer Pflanzen-Kohle, die Strohmer (1) und Hädrich (1) untersucht haben, wenigstens soweit erreicht werden, daß der Wein zur Bereitung von Wein-Branntwein Verwendung finden kann.

Der **Buttersäurestich,** hervorgerufen durch die Entwicklung von Buttersäure-Bakterien, scheint nur in Weinen von ganz ungewöhnlicher Zusammensetzung vorzukommen. Mach und Portele (3) haben eine derartige Erkrankung bei Rotweinen der Etsch-Niederungen in Jahren auftreten sehen, in denen sich die Trauben infolge von Ueberschwemmungen mit einer an kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia reichen Schlammkruste bedeckt hatten. Der Buttersäurestich ist in diesem Falle sicher die Folge der weitgehenden Entsäuerung der Traubensäfte gewesen, wie daraus hervorgeht, daß sich in Most von Trauben, die vor dem Maischen mit verdünnter Schwefelsäure und dann mit Wasser gewaschen wurden, die Krankheit nicht zeigte. Auch Müller-Thurgau und Osterwalder (1) haben in einem künstlich entsäuerten Wein mit stark zersetztem Trub Buttersäure-Bakterien mit Eigenbewegung beobachtet. Es ist danach wohl möglich, daß sich in sehr weichen Weinen im Gefolge anderer Bakterien-Umsetzungen schließlich auch Buttersäurestich entwickeln kann, wenn die im Wein vorhandenen geringen Säuremengen während oder nach der Gärung noch eine weitere Verminderung erfahren. Nach den analytischen Bestimmungen von Mach und Portele (3) scheint beim Buttersäurestich neben dem Zucker des Weines auch der Weinstein in hohem Maße angegriffen zu werden. Bezeichnend für die Krankheit ist der auffallende Geruch des Weines nach Buttersäure. Ueber die sonstigen Umsetzungen ist nichts Näheres bekannt. Sémichon (1) bezeichnet auch die Bitterkrankheit der Rotweine als Buttersäure-Gärung, wobei er sich auf eine Angabe von Duclaux (1) stützt, der in einem Falle Spuren von Buttersäure in einem bitteren Weine nachgewiesen hat. Als berechtigt kann dies nicht angesehen werden, da den Bakterien der bitteren Weine der Charakter von Buttersäure-Bakterien nicht zukommt.

§ 119. Das Zähewerden.

Die schon von CHAPTAL (1), FRANÇOIS (1) und PÉLIGOT (1) untersuchte Krankheit des Zähewerdens der Weine (Weich-, Lind-, Lang-, Schwer- oder Oeligwerden, franz.: graisse, vins filants, vins huileux) 5 äußert sich dadurch, daß die Weine schleimig werden, beim Ausgießen lange zähe Fäden bilden, lautlos (lind) ins Glas fließen und beim Schütteln ziemlich viel Kohlensäure entwickeln. Zu Beginn der Erkrankung pflegen die Weine schwach zu opalisieren, später zeigen sie stärkere, wolkige Trübungen, werden aber manchmal mit dem Fort- 10 schreiten der Krankheit wieder klar. Der Geschmack der Weine wird schleimig und fade, während das Bouquet meist nicht leidet. Das Zähewerden tritt vorzugsweise bei jungen Weißweinen und Obstweinen auf, die noch unvergorenen Zucker enthalten. Nicht so häufig ist die Krankheit bei Beerenweinen, und fast nie wird sie bei Rotweinen beobachtet. 15 Sie befällt sowohl Faßweine wie Flaschenweine, wie schon CHAPTAL (1) bemerkt hat, verschwindet aber in manchen Fällen, besonders dann, wenn sie sich vor Abschluß der Gärung einstellt, wieder von selbst.

Ueber die Erreger des Zähewerdens liegt eine große Reihe von Untersuchungen vor, ohne daß jedoch völlige Klarheit über die in Frage 20 kommenden Organismen geschaffen wäre. PASTEUR (2) beschreibt als Urheber des Zähewerdens der Weine einen Bazillus, dessen Zellen zu rosenkranzähnlichen Ketten verbunden sind. KRAMER (2 u. 3) führt die Krankheit auf die Tätigkeit eines als *Bac. viscosus vini* bezeichneten, obligat anaeroben Spaltpilzes zurück, dessen dünne, verhältnismäßig lange Stäbchen 25 oft zu kettenartigen Fäden vereint sind, die bis 14 μ lang werden. Er bildet nach KRAMER (3) aus der im Wein enthaltenen Glucose Schleim, Kohlensäure und Mannit, diesen vermutlich jedoch erst sekundär infolge einer Abscheidung von Wasserstoff, der in statu nascendi die Glucose zu Mannit reduziere. KRAMER (1 u. 3) ist es auch gelungen, 30 durch Uebertragung des *B. viscosus vini*, dessen Zuchten übrigens nicht frei von anderen Organismen waren, gesunde, zum Zweck des Luftabschlusses mit Oel überschichtete Weine innerhalb 4—6 Wochen künstlich zähe zu machen. BOERSCH (1) hat in einem mit Stärkezucker hergestellten schleimigen Wein eine *Sarcina* aufgefunden, die mit *Sarcina* 35 *flava* DE BARY identisch sein soll, aber nach den Beschreibungen und Abbildungen, wie BEHRENS (2) betont hat, wohl zu der Gattung *Micrococcus* gehört. Ob der Spaltpilz das Langwerden hervorrufen kann, ist fraglich, da er bei Impfversuchen in gesunden Weinen nicht zur Entwicklung kam. ADERHOLD (1) glaubt, daß ein Diplokokkus (*Diplococcus I*), 40 den er aus einem fadenziehenden Weißwein abgeschieden hat, als Erreger der Krankheit gelten kann, obwohl auch in diesem Falle der Infektionsversuch nicht gelungen ist. Der Spaltpilz soll neben einer ähnlichen Art (*Diplococcus II*) auch an der Zersetzung des Hefentrubs beteiligt sein und könnte nach einem Hinweis von BEHRENS (2) beim 45 Zähewerden vielleicht dann eine Rolle spielen, wenn die Schleimbildung auf Fäulnisvorgänge im Hefentrub zurückzuführen ist. Nach BEHRENS (2) handelt es sich bei dieser von NESSLER (1 u. 5) beschriebenen Form des Langwerdens aber wohl um eine Erscheinung, die mit dem eigentlichen Zähewerden des Weines nur eine äußerliche Aehnlichkeit besitzt. BEI- 50 JERINCK (1) hat die Vermutung ausgesprochen, daß Weine auch durch schleimbildende Essigsäure-Bakterien aus der Gruppe des *Bacterium*

rancens zähe werden könnten. MAZÉ und PACOTTET (2) haben aus fadenziehenden Weinen zwei obligat anaerobe Bakterien-Arten gezüchtet, die nach ihren Beschreibungen sehr lange Ketten bilden, deren ziemlich kräftige Einzelglieder anfangs rund, später deutlich stäbchenförmig erscheinen. Sie sollen zu den Mannitbildnern gehören und auch in anderen 5 kranken Weinen häufig zu finden sein. Auch LABORDE (6) hat aus schleimigen Weinen zwei Bakterien-Arten abgeschieden, von denen die eine aus Fructose Mannit erzeugte.

KAYSER und MANCEAU (1, 2, 3) haben die Organismen der schleimigen Weine näher untersucht. Als Erreger des Zähewerdens beschreiben sie 10 eine Anzahl fakultativ anaerober Bakterien, die in einzelnen Kurzstäbchen oder in kettenartigen Verbänden auftreten und meist von einer Schleimhülle umgeben sind. Sie gehören zu den Mannitbildnern und erzeugen aus Glucose und Fructose dieselben Umsetzungsprodukte wie das von GAYON und DUBOURG (1 u. 2) beschriebene Mannitbakterium. Günstige 15 Entwicklungsbedingungen bieten ihnen besonders solche Weine, die noch unvergorenen Zucker, vor allem Fructose, enthalten und dabei reich an Stickstoff-Verbindungen, Phosphaten und Kalisalzen sind. In schweren und säurereichen Weinen vermögen sie nicht zu wachsen, weil sie gegen höhere Alkohol- und Säure-Konzentrationen und besonders gegen die 20 sogen. freie Säure sehr empfindlich sind. Dagegen ist ihre Vermehrung vom Gerbstoff-Gehalt des Weines nicht in dem Grade abhängig, wie man nach den Angaben von NESSLER (1) hätte erwarten sollen.

Nach diesen Beobachtungen ist es verständlich, daß es gerade die weichen, leichten und mangelhaft vergorenen Traubenweine sind, die 25 zum Zähewerden neigen. Ebenso erklärt sich die Häufigkeit des Fehlers bei Apfelweinen, in denen sich nach den Feststellungen von KAYSER (1) ganz ähnliche Bakterien als Krankheits-Erreger betätigen.

Neben den beschriebenen Schleimbakterien treten in zähen Weinen nach KAYSER und MANCEAU (2) stets noch verschiedene andere Lebewesen 30 auf, so aerobe Bakterien, darunter die Urheber des Blauwerdens (s. S. 501), ferner Hefen und Kahmpilze, sämtlich Begleit-Organismen, die an der Krankheit aber insofern beteiligt sind, als sie die für die Krankheitserreger erforderliche geringe Sauerstoff-Konzentration herstellen und die letzteren auch sonst im Wachstum fördern. Eine Nach- 35 prüfung dieser Wahrnehmungen, die MANCEAU (2) näher geschildert hat, erscheint allerdings notwendig.

Während nach den bisher besprochenen Untersuchungen feststehen dürfte, daß in Jungweinen nur Bakterien als Urheber des Zähewerdens in Frage kommen, wissen wir durch die Beobachtungen von WORTMANN (9) 40 und O. VON SKERST (1), daß Moste auch durch das im § 60 des Vierten Bandes beschriebene *Dematium pullulans* ölig werden können. Dieser Pilz gibt an die Traubensäfte eine schleimige, fadenziehende Substanz ab, die wahrscheinlich ein Quellungsprodukt der äußeren Schichten seiner Zellhaut ist. Bei der Herstellung alkoholfreier Weine und während 45 der Gärung von Mosten kann der Pilz durch diese Schleimbildung störend wirken. Am Zähewerden ausgegorener Weine ist er, wie schon BEHRENS (2) angedeutet hat, wohl kaum beteiligt, weil er nach WORTMANN (9) und O. VON SKERST (1) sehr sauerstoffbedürftig und nach den Beobachtungen von ADERHOLD (2) gegen Kohlensäure so empfindlich ist, 50 daß er in gärenden Mosten sein Wachstum sehr bald einstellt. WORTMANN (9) hat allerdings nachgewiesen, daß die Konidien des Pilzes in Mosten noch bei Gegenwart von 8 Maß-Proz. Alkohol längere Zeit

lebensfähig bleiben. Wortmann (1) glaubt deshalb, daß die sogen. Dematium-Hefen während der Gärung nicht absterben, sondern nach deren Beendigung wieder zu sprossen vermögen, wenn der Wein mit Luft in Berührung kommt. Nach den auf S. 369 erwähnten Beobachtungen von Laborde (1) und Pacottet (3) soll auch *Botrytis cinerea* Schleimstoffe absondern, die den Wein zähe machen. Für deutsche Verhältnisse dürfte auch diese Tatsache nicht von Belang sein.

Nach den Untersuchungen von Meissner (7) können Moste und teilweise vergorene Weine ferner durch gewisse Torulaceen (Schleimhefen), deren physiologische Merkmale im § 63 des Vierten Bandes bereits beschrieben sind, eine schleimige Beschaffenheit erhalten. Der höchste Grad des Zähewerdens, bei dem der Wein wie Eiweiß aus der Flasche läuft, läßt sich mit diesen Pilzen, wie Meissner (7) selbst bemerkt hat, allerdings nicht hervorrufen, doch wird der Most unter der Einwirkung der Schleimhefen deutlich dickflüssig. Gegen Kohlensäure, Alkohol und Gerbstoff sind sie ziemlich empfindlich und werden deshalb bei der Gärung gleichfalls bald unterdrückt. Sie sollen sich nach Meissner (7) im Wein aber längere Zeit lebend erhalten, woraus Wortmann (1) schließt, daß sie sich in Weinen, deren Zusammensetzung ihre Entwicklung ermöglicht, nach der Gärung von neuem vermehren dürften.

Faßt man die Ergebnisse dieser verschiedenen Arbeiten zusammen, so verdient zunächst hervorgehoben zu werden, daß es offenbar verschiedene Formen des Zähewerdens gibt. Die wichtigste ist zweifelsohne diejenige, bei welcher der Schleim durch Spaltpilze, die vermutlich zu den Milchsäure-Bakterien gehören, gebildet wird. Von dieser Art der Krankheit unterscheidet sich vielleicht das Zähewerden durch Zersetzung von Hefen- und Kahmtrub, auf das Nessler (1 u. 5) und Maumené (1) hingewiesen haben. Eine dritte Art der Krankheit könnte durch Essigsäure-Bakterien verursacht werden, wofür außer dem Hinweis von Beijerinck (1) manche Beobachtungen der Praxis sprechen. Endlich ist noch das Schleimigwerden von Mosten und gärenden Weinen durch *Dematium pullulans* oder durch Torulaceen als eine besondere Erscheinung des Zähewerdens anzusehen.

Ueber die chemische Zusammensetzung des Schleimes der zähen Weine ist nichts Sicheres bekannt. Die frühere Annahme, daß es sich um einen Umsetzungsstoff von Eiweiß-Verbindungen handeln könnte, hat schon Mulder (1) zurückgewiesen; immerhin sollte diese Art der Entstehung, an der Maumené (1) noch festhält, bei der Untersuchung von Schleimbildungen durch Hefenzersetzung nicht ganz außer Acht gelassen werden. In den meisten Fällen liegt wahrscheinlich ein Umwandlungsprodukt von Zucker oder einem anderen Kohlenhydrat vor, das möglicherweise durch Verschleimung der Außenschichten der Zellwand der Bakterien in den Wein gelangt. Ob sich in den zähen Weinen stets Mannit, Milchsäure und flüchtige Säure, also diejenigen Verbindungen vorfinden, welche die von Kayser und Manceau (1 u. 2) untersuchten Schleimbakterien erzeugen, bedarf noch näherer Prüfung: in einigen Fällen ist das Vorkommen dieser Stoffe in zähen Weinen festgestellt worden. Sollten die genannten Körper beim Schleimigwerden stets auftreten, dann müßten die zähen Weine, wenigstens in den Fällen, in denen sie vor der Gärung von der Krankheit befallen werden, auch die Eigenschaften des Milchsäurestichs zeigen. Damit steht aber die Tatsache nicht im Einklang, daß die Krankheit häufig von selbst wieder verschwindet und nach den bisherigen Beobachtungen krankhafte Ver-

änderungen in der Regel nicht hinterläßt. Sicher ist nach den übereinstimmenden Angaben von Nessler (1), J. Bersch (1) und Kayser und Manceau (2), daß sich unter den Umsetzungsprodukten der beim Zähewerden beteiligten Schleim-Organismen stets Kohlendioxyd befindet.

Um das Auftreten der Krankheit zu verhindern, ist nach Kayser und Manceau (2) durch rechtzeitige Lese oder durch Zusatz von Säure auf die Erhöhung des Säuregehaltes des Mostes Bedacht zu nehmen und die Hauptgärung bei 18—20° C so vollständig als möglich durchzuführen; die Jungweine sind nicht zu spät abzustechen, und endlich sind durch Schönungen die stickstoffhaltigen Bestandteile, die die Entwicklung der Schleimbakterien begünstigen, aus dem Weine zu entfernen. Die Anwendung des Tannins, die zuerst von François (1) und später von Nessler (1) zur Verhütung des Schleimigwerdens empfohlen worden ist, halten Kayser und Manceau (2 u. 3) nicht für angebracht. Um auf diesem Wege die Krankheit zu unterdrücken, würde es erforderlich sein, die Weine mit 0.5 Promille Tannin zu versetzen, was bei den bekannten Geschmacks-Eigenschaften des käuflichen Gerbstoffs, der sich schon in einer Menge von 0.1 Promille im Wein unangenehm bemerkbar macht, ganz unausführbar erscheint. Die Tatsache, daß Rotweine selten schleimig werden, beruht nach der Ansicht von Kayser und Manceau (1 u. 2) nicht auf der schützenden Wirkung des Tannins, wie Nessler (1) und Meissner (7) angenommen haben, sondern darauf, daß die Rotweine auf den Trestern besser durchgären als gewöhnliche Weißweine. Die Heilung schleimiger Weine ist durch Lüften, Schönen mit spanischer Erde, Einschwefeln und nötigenfalls durch Hefenzusatz meist leicht zu erreichen, worüber man nähere Anweisungen in den Lehrbüchern von Babo und Mach (1), Windisch (1) und Wortmann (1) findet. Beachtenswert dürfte dabei die von einem ungenannten Verfasser im „Weinbau" (1) mitgeteilte Beobachtung sein, daß fadenziehende Weine auch durch Gefrierenlassen leicht wieder herzustellen sind.

§ 120. Das Umschlagen.

Der Ausdruck Umschlagen ist in deutschen Kellereien früher eine Sammelbezeichnung für alle krankhaften Veränderungen gewesen, die der Wein überhaupt annehmen kann, was sich noch heute in der Bedeutung zu erkennen gibt, die Bassermann-Jordan (1) dem Worte unterlegt. In neuerer Zeit ist es in Deutschland dagegen üblich geworden, nur dann von Umschlagen zu reden, wenn sich der Wein wieder trübt, ein Sprachgebrauch, dem sich C. von der Heide (1), Meissner (1 u. 6), Windisch (1) und Wortmann (1) angeschlossen haben. Manche Fachleute ordnen auch das im § 113 besprochene Rahnwerden des Weines dem Begriff Umschlagen unter, was nach Sémichon (1) in manchen Fällen sicher auf einer Verwechslung dieser Erscheinung mit der nun zu besprechenden Infektionskrankheit des Weines beruht. Behrens (2) sowie Müller-Thurgau und Osterwalder (1) verstehen unter dem Umschlagen eine Bakterien-Erkrankung, die von Pasteur (2) unter der Benennung „maladie des vins tournés", von späteren französischen Forschern meist unter dem Namen tourne beschrieben worden ist. In ähnlichem Sinne haben J. Bersch (1), Nessler (1) und Kramer (4) das Wort Umschlagen gebraucht, und diese engere Fassung des Begriffs soll auch hier beibehalten werden.

Auf Grund dieser Vorbemerkungen ist das Umschlagen des Weines als eine Krankheit zu bezeichnen, die sich vorzugsweise in Rotweinen, nach PASTEUR (2) vereinzelt auch in Weißweinen und Obstweinen zeigt. Sie beginnt mit einer durch Bakterien verursachten Trübung und 5 Kohlensäure-Entwicklung und führt, namentlich bei Luftzutritt, bald zu einer Aenderung der Farbe, ähnlich, wie man sie beim Rahnwerden beobachtet. Gleichzeitig treten Ausscheidungen auf, unter denen sich bei Rotweinen neben anderen Verbindungen auch der zu einem braunen Körper verwandelte rote Traubenfarbstoff befindet. Dabei erhalten die 10 Weine, wie nach PASTEUR (2) schon ROZIER (1) im Jahre 1770 angegeben hat, einen höchst widerwärtigen Geruch und Geschmack und werden völlig ungenießbar. Die Kohlensäure-Abgabe hält während dieser ganzen Veränderungen an, was bereits PASTEUR (2) bekannt war und die Veranlassung gewesen ist, daß man die Krankheit in Frank- 15 reich auch als pousse, in Oesterreich nach J. BERSCH (1) als Versieden bezeichnet hat. Da die verschiedensten Vorgänge im Weine unter Entbindung von Kohlendioxyd verlaufen, läßt man beide Benennungen, nach dem Vorgehen von MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1), jedoch besser fallen, um nicht zu einer Verwechslung Anlaß zu bieten, wie sie 20 KOSSOWICZ (1) unterlaufen ist, wenn er die Ausdrücke „vin monté“ oder „vin, qui a la pousse“ als die in Frankreich übliche Art zur Bezeichnung des Milchsäurestichs anspricht.

Als Erreger des Umschlagens hat PASTEUR (2) zarte, etwa 1 μ dicke, in Stäbchen oder Fäden auftretende Bakterien beschrieben, die 25 später auch GAUTIER (1) beobachtet hat. E. KRAMER (4) hat aus umgeschlagenen Weinen neunerlei, die Gelatine verflüssigende Spaltpilze gezüchtet, die er als *Bacillus saprogenes vini 1—7* und als *Micrococcus saprogenes vini 1* und *2* bezeichnete. Bei Uebertragung dieser Bakterien in gesunde Weine hat KRAMER (4) das Umschlagen aber in keinem 30 Falle künstlich hervorrufen können, einerlei ob er nur eine einzige Art oder mehrere Arten zusammen aussäte. Dagegen ist es ihm allerdings gelungen, in Weinen, die einen Zusatz von 3 Proz. Pepton erhalten hatten, mit den Bakterien Umsetzungen einzuleiten, wie sie beim Umschlagen auftreten. Da KRAMER (4) aber sonst keine Gärversuche mit 35 seinen Reinzuchten ausgeführt hat, ist es durchaus fraglich geblieben, in welcher Beziehung die verschiedenen, von ihm beschriebenen Bakterien zu dem Vorgang des Umschlagens stehen. Da sie zum Teil beweglich, zum Teil sporenbildend sind, derartige Formen in Wein aber selten vorkommen, ist es bei den tiefgreifenden Umsetzungen, die sie nach 40 KRAMER (4) verursachen, nicht unwahrscheinlich, daß sie in die Gruppe der Fäulnisbakterien gehören, deren Vertreter sich im Wein sonst nicht vorfinden. RAVIZZA (1) glaubt auf Grund einiger Versuche, daß das Umschlagen von einer Bakterien-Zersetzung der Faßdrusen (organismenhaltigen Weinstein-Ausscheidungen) ausgeht; er hat die beteiligten 45 Spaltpilze jedoch nicht näher untersucht. Auch WORTMANN (10) hat aus umgeschlagenen Rotweinen mehrere Bakterien abgetrennt, mit denen Impfversuche aber nicht geglückt sind. GALEAZZI (1) ist geneigt, das Umschlagen der italienischen Weine der Marchigiana auf die Wirkung eines lebhaft beweglichen, aeroben Bazillus zurückzuführen, 50 obwohl ihm sämtliche Impfversuche mißlungen sind. BORDAS, JOULIN und RACZKOWSKI (1 u. 2) haben in umgeschlagenen Algier- und Midi-Weinen verschiedene Spaltpilze aufgefunden, darunter zwei Stäbchenbakterien, von denen sie das eine (Bacterium a) *Bacillus roseus vini*

genannt haben. Es soll auf Gelatine dicke, weißliche, nicht verflüssigende Kolonien erzeugen und in Hefenwasser Decken aus beweglichen, polar begeißelten, sporenbildenden Stäbchen von sehr wechselnder Länge und 0,6—0,8 μ Breite bilden. In Weinen soll sich der Bazillus unter Entwicklung eines starken Bodensatzes gut vermehren, dabei die Glucose und das Glycerin angreifen, aber den Weinstein- und Säure-Gehalt nicht vermindern. Der zweite von Bordas, Joulin und Raczkowski (2) reingezüchtete Spaltpilz (Bacillus b) tritt in Hefenwasser in 8—12 μ langen und 0,8 μ breiten Fäden auf, die sehr beweglich sind, Gram-Färbung nicht geben und keine Sporen hervorbringen. In Wein wächst der Bazillus sehr langsam, ruft darin aber Trübung, Verminderung der Farbentiefe und schon nach 20 Tagen eine merkliche Abnahme des Weinstein- und Zucker-Gehaltes hervor, wobei die Gesamtmenge der Säure etwas steigt. H. van Laer (1) gibt an, daß der von ihm aufgefundene *Saccharobacillus pastorianus* (s. S. 212) in Apfelweinen und Traubenweinen von geringem Säuregehalt ähnliche Veränderungen hervorruft, wie sie beim Umschlagen beobachtet werden. Der Bazillus soll dem von Pasteur (2) beschriebenen Erreger des Umschlagens ähnlich sein, noch mehr aber den Bakterien gleichen, die nach Pasteur (2) in bitteren Rotweinen vorkommen.

Forti (1) beschreibt als Erreger des Umschlagens den *Oenobacillus Abbae,* ein unbewegliches, Gelatine nicht verflüssigendes Bakterium, mit dem er gesunde Weine zum Umschlagen gebracht haben will. Laborde (7, 8, 9) hat aus umgeschlagenen Weinen mehrere Stäbchenbakterien gezüchtet, die aus Fructose Mannit erzeugen und sich in Nährlösungen ähnlich wie die von Gayon und Dubourg (1 u. 2) beschriebenen Mannitbakterien verhalten. Laborde (9) ist geneigt, sie als Rassen einer einzigen Art anzusehen, zu der auch das Mannitbakterium von Gayon und Dubourg (1 u. 2) zu stellen wäre. Mit einem dieser Spaltpilze ist es Laborde (8 u. 9) gelungen, in einem gesunden Rotwein mit einem geringen Zuckerrest die Erscheinungen des Umschlagens deutlich hervorzurufen. Das Bakterium soll in dem betreffenden Wein unter Verminderung des Gehaltes an Weinstein beträchtliche Mengen von Essigsäure und Propionsäure erzeugt haben. Von Mazé und Perrier (1) ist in einem umgeschlagenen Wein ein mannitbildendes Bakterium festgestellt worden, das nach den Angaben dieser Forscher ähnliche Umsetzungen hervorruft wie das Mannitbakterium von Gayon und Dubourg (1 u. 2). Es soll auch am Umschlagen beteiligt sein, eine Annahme, deren Richtigkeit Gayon und Dubourg (3) aber sehr in Frage stellen. Auch Mazé und Pacottet (2) haben aus einem umgeschlagenen Wein ein mannitbildendes Stäbchenbakterium gezüchtet, das bald einzeln, bald in langen welligen Faden-Verbänden wächst und in Mosten neben Mannit beträchtliche Mengen von Milchsäure erzeugt. Es soll an der Krankheit des Umschlagens zwar beteiligt sein, diese aber nur dann hervorrufen, wenn es im Verein mit den Bakterien des Zähewerdens und anderen Spaltpilzen in den Weinen auftritt.

Trotz aller dieser Arbeiten sind wir weder über die Mikroflora der umgeschlagenen Weine noch über die eigentlichen Erreger der Krankheit recht ins Klare gekommen, was z. T. schon dadurch bedingt ist, daß die morphologischen Beschreibungen der aufgefundenen Bakterien vielfach ganz unzureichend sind, mehr allerdings noch dem Mangel an gründlichen Beobachtungen über die physiologischen Merkmale der Bakterien zugeschrieben werden muß.

Die Wirkungen der Krankheit auf den Wein scheinen etwas besser bekannt zu sein als ihre Ursachen, aber bei genauerer Prüfung ergeben sich freilich auch nach dieser Richtung hin manche Lücken. Uebereinstimmung herrscht bei der Mehrzahl der beteiligten Forscher 5 darüber, daß im Verlauf der Krankheit die Weinsäure und ihre Salze nach und nach völlig zersetzt werden. Von A. Schulz (2), dem es auch gelungen ist, gesunden Rotwein mit krankem anzustecken, ist diese Erscheinung zuerst genauer untersucht worden. In dem infizierten Wein verminderte sich der Weinsteingehalt von 2,85 g im Liter innerhalb 10 mehrerer Wochen auf Null. Diese auffällige, schon von Mulder (1) beschriebene Abnahme des Weinsteins ist auch von Macagno (1), Gautier (1), Carles (4), Kramer (1 u. 4), Nessler (1) und Duclaux (1 u. 2) beobachtet worden. Nach der Ansicht des letztgenannten Forschers ist sie ein besonders bezeichnendes Merkmal der Krankheit und geht soweit, 15 daß auch der an der Faßwand abgelagerte Weinstein ganz oder zum Teil verschwindet, was übrigens schon von A. Schulz (2), Nessler (1) und Carles (4) mitgeteilt worden ist. Wie die sogen. gebundene, zerfällt nach den Bestimmungen von Gautier (1) und Carles (4) auch die freie Weinsäure des Weines. Ueber die Beziehungen der Krankheit 20 zur Aepfelsäure liegen ältere Beobachtungen nicht vor, wenn auch Kramer (1) angenommen hat, daß sie gleichfalls zersetzt wird. Nach neueren Feststellungen von Müller-Thurgau und Osterwalder (1), die weiter unten zu besprechen sein werden, ist eine Zerlegung der Aepfelsäure wahrscheinlich, nur dürfte sie auf andere Weise erfolgen, als 25 Kramer (1) vermutet hat.

Gleichzeitig mit dem Rückgang der natürlichen Säure treten neue Fettsäuren im Weine auf. Schon Pasteur (2) hat eine Zunahme der flüchtigen Säuren bemerkt. A. Schulz (2) hat später nachgewiesen, daß umgeschlagene Weine Essigsäure, Propionsäure, Butter- 30 säure und Valeriansäure enthalten. Soweit sich dieser Befund auf das Vorkommen von Essigsäure bezieht, ist er später durch die Untersuchungen von Macagno (1), Gautier (1), Duclaux (1) und Laborde (9) als richtig bestätigt worden. Nach Gayon (1) verläuft auch eine dem Umschlagen ähnliche, vielleicht mit ihr identische Krankheit der sogen. 35 Peronosporaweine (vgl. S. 376) unter Bildung von Essigsäure und Propionsäure. Auf die Entstehung dieser letztgenannten Verbindung hat dann besonders Duclaux (1 u. 2) verwiesen und bemerkt, daß in einigen von ihm näher untersuchten Fällen die beim Umschlagen aufgetretenen flüchtigen Säuren etwa zur Hälfte aus Propionsäure bestanden. 40 Laborde (9) hat diese Säure, allerdings in geringeren Mengen, auch in einem Wein vorgefunden, den er mit einem reingezüchteten Bakterium zum Umschlagen gebracht hatte. Die von Macagno (1) in umgeschlagenen Weinen ermittelte Metacetonsäure dürfte ebenfalls Propionsäure gewesen sein. Buttersäure hat außer A. Schulz (2) auch Macagno (1) 45 in umgeschlagenen Weinen ermittelt; dagegen gibt Gautier (1) an, daß er diese Säure in solchen Weinen ebensowenig nachweisen konnte wie die Glycolsäure. Nach Macagno (1), Gautier (1) und Mazé und Pacottet (2) enthalten umgeschlagene Weine meist auch noch Milchsäure. Gautier (1) will darin außerdem Tartronsäure nachgewiesen 50 haben. Erwähnt sei an dieser Stelle schließlich, daß Reusch (1) bei einer von ihm beobachteten, dem Umschlagen vielleicht ähnlichen Weinkrankheit auch Ameisensäure auftreten sah.

Im Weine etwa noch vorhandener Zucker verschwindet beim Um-

schlagen nach CARLES (4) und LABORDE (8) vollkommen. Der Alkoholgehalt soll sich nach MACAGNO (1) mit fortschreitender Erkrankung deutlich vermindern, wogegen GAUTIER (1) angibt, daß die Abnahme nicht sehr wesentlich ist. Der rote Traubenfarbstoff wird schon vor der sichtbaren Bräunung in seiner Zusammensetzung verändert, wie aus 5 dem Nachweis von PORTELE (1) hervorgehen dürfte, daß Rotweine, die zum Umschlagen neigen, durch wiederholte Schönungen leicht völlig entfärbt werden. Bei der von BORDAS (3) beschriebenen Krankheit der Algierweine, die dem Umschlagen jedenfalls sehr nahe steht, wird der Weinfarbstoff angeblich nicht angegriffen. MACAGNO (1) und SCHULZ (2) 10 haben auch keine Zersetzung des Gerbstoffs bemerkt, wogegen CARLES (4) und GAUTIER (1) angeben, daß dieser Bestandteil gleichfalls angegriffen wird. Nach den Mitteilungen von CARLES (4) und BORDAS, JOULIN und RACZKOWSKI (1) geht ferner die Menge des Glycerins zurück. Ebenso vermindert sich nach CARLES (4) der Extraktgehalt des Weines, während 15 die Menge der Kalisalze wegen der Zersetzung des bereits ausgeschiedenen Weinsteins, wie A. SCHULZ (2) und CARLES (4) beobachtet haben, deutlich zunimmt. Nach LABORDE (8) soll beim Umschlagen zuckerhaltiger Weine unter Umständen auch Mannit entstehen, der im weiteren Verlauf der Krankheit wieder verschwindet. 20

Ob das Umschlagen eine besondere Veranlagung zur Krankheit, vielleicht eine bestimmte chemische Beschaffenheit des Weines voraussetzt, ist eine Frage, die sich noch nicht sicher beantworten läßt. Nach den Beobachtungen von GAUTIER (1), KRAMER (4) und GAYON (1) und einer Mitteilung von PREYSS (2), der das Umschlagen der Ungarweine auf 25 deren hohen Stickstoffgehalt zurückführen will, wäre sie zu bejahen. LABORDE (8) ist zu der Ueberzeugung gelangt, daß die Neigung zum Umschlagen mehr vom Keimgehalt als von der chemischen Zusammensetzung des Weines abhängig ist. Nach seinen Untersuchungen übt z. B. der Alkohol nur einen unwesentlichen Einfluß aus. Die Anwesen- 30 heit größerer Mengen organischer Säuren soll das Umschlagen allerdings verhindern, womit auch die Beobachtung übereinstimmt, daß in den säurereichen deutschen Rotweinen die Krankheit nur selten vorkommt. Der Gerbstoffgehalt des Weines ist nach LABORDE (8) für das Auftreten der Krankheit in der Regel ohne Bedeutung. Ist er außer- 35 gewöhnlich hoch, so kann er das Umschlagen sogar begünstigen, weil er die Tätigkeit der Hefen beeinträchtigt. Tannin-Zusätze wirken vorbeugend, allerdings erst in Mengen, die für den Geschmack des Weines gefährlich sind. Verstärkt wird die Neigung zum Umschlagen durch die Anwesenheit von Zucker, wobei es nach LABORDE (8) gleichgültig ist, 40 ob Fructose oder Glucose vorhanden ist. Gefährdete Weine lassen sich nach SÉMICHON (3) durch Filtrieren und starkes Einschwefeln vor der Krankheit bewahren, worüber auch das Handbuch von SÉMICHON (1) Auskunft gibt.

An Erklärungen für die oben geschilderten Umsetzungen hat es 45 nicht gefehlt. KRAMER (4) sieht im Umschlagen des Weines einen besonderen Fall der fauligen Gärung, bei der zunächst die Eiweißstoffe, wahrscheinlich unter Auftreten von Aminosäuren, abgebaut werden und erst an zweiter Stelle die Weinsäure und andere Extraktstoffe des Weines der Zersetzung anheimfallen. Größere Beachtung verdient die 50 Annahme, daß der Erscheinung des Umschlagens mehrere Krankheiten zugrunde liegen, wie das schon PASTEUR (2) vermutet hat. Nach SÉMICHON (1) unterscheidet man in Frankreich häufig zwischen tourne

und pousse, wobei als pousse diejenige Form der Krankheit bezeichnet wird, die unter stärkerer Kohlensäure-Entwicklung vor sich geht. Die vins tournés enthalten nach Sémichon (1) meist Kurzstäbchen, die vins poussés längere, gebogene Bakterienfäden. Pacottet (1) gibt allerdings an, daß die Bakterien in beiden Fällen dasselbe Aussehen zeigen; Abweichungen sind nach ihm nur durch das Alter der Weine bedingt. Gautier (1) glaubt als Unterschied der beiden Krankheiten festgestellt zu haben, daß bei der als tourne bezeichneten Erscheinung Tartronsäure und Milchsäure, bei der pousse dagegen Kohlensäure und Propionsäure gebildet werden. Duclaux (2) hat dieser Auffassung aber widersprochen und der Vermutung Ausdruck gegeben, daß die von Gautier (1) untersuchten Krankheitsfälle nicht durch das gewöhnliche Umschlagen, sondern durch mehrere Krankheiten, und zwar angeblich durch das Rahnwerden, die pousse und eine unbekannte Krankheit, die unter Bildung von Tartronsäure verlaufe, verursacht worden sei. Duclaux (2) erblickt den wesentlichen Vorgang des Umschlagens in der Vergärung des Weinsteins zu Kohlensäure, Essigsäure und Propionsäure. Sémichon (1) hat sich dieser Meinung angeschlossen und das Umschlagen (tourne und pousse) geradezu als Propionsäure-Gärung bezeichnet.

Neue Tatsachen zur Erklärung des Umschlagens haben Untersuchungen von Müller-Thurgau und Osterwalder (1) erbracht, bei denen sich herausgestellt hat, daß weiche Rotweine beim Säureabbau (s. S. 472) vielfach alle äußeren Erscheinungen des Umschlagens zeigen. Mit dem auf S. 474 beschriebenen *Micrococcus acidovorax* ließ sich in einem gesunden Rotwein innerhalb 8 Wochen sowohl die Erscheinung der pousse als auch die eigentümliche schokoladenartige Färbung und Zersetzung des Farbstoffs hervorrufen, wie sie für das Umschlagen bezeichnend sind. In Weinen, die von selbst umgeschlagen waren, konnten Müller-Thurgau und Osterwalder (1) Spaltpilze aus den Gruppen des *Bacterium mannitopoeum*, des *B. gracile* und des *Micrococcus variococcus* nachweisen. Die Weine hatten sämtlich einen starken Säurerückgang unter Zerfall der Aepfelsäure erlitten. Propionsäure-Bestimmungen haben die beiden Forscher in diesen Weinen leider nicht ausgeführt. Es dürfte danach nicht unmöglich sein, daß die als tourne bezeichnete Krankheit der französischen Rotweine in manchen Fällen mit einem Säureabbau durch die eben genannten Bakterien in Verbindung steht. Vielleicht bildet die Tätigkeit dieser Organismen den Beginn der Zersetzung, wobei nicht nur die Säure abbauenden Mikrokokken, sondern auch Stäbchenbakterien aus den Verwandtenkreisen des *B. mannitopoeum* und des *B. gracile* mitwirken dürften. In den Beobachtungen von Mazé und Perrier (1), Mazé und Pacottet (2) und Laborde (8 u. 9) könnte man eine Stütze für diese Vermutung erblicken. Die wiederholt festgestellte Vergärung des Weinsteins läßt aber andererseits annehmen, daß nach dem Aepfelsäure-Zerfall noch weitergehende Zersetzungen beim Umschlagen erfolgen.

§ 121. Das Bitterwerden.

Die Krankheit des Bitterwerdens zeigt sich vorzugsweise bei den Rotweinen. Bei Weißweinen, die wie die Rotweine auf den Trestern vergoren werden, kommt sie nach Nessler (2) ebenfalls vor, ist aber sonst bei diesen Weinen eine seltene Erscheinung. Nach Pasteur (2)

sind es namentlich die besseren Burgunderweine, weniger oft die Bordeauxweine, die von der Krankheit befallen werden. Leichtere Weine neigen nach PASTEUR (2) mehr zum Umschlagen, wogegen WORTMANN (1 u. 8) bemerkt, daß alle Rotweine ohne Unterschied der Güte und Herkunft zum Bitterwerden veranlagt sind. Die Krankheit ist bei Faß- und Flaschenweinen und in jedem Alter des Weines zu beobachten, stellt sich nach VERGNETTE-LAMOTTE (1) bei den Burgunderweinen aber am häufigsten im zweiten oder dritten Jahre nach der Kelterung ein. Auch sehr alte, gesund auf die Flasche gebrachte und jahrelang gesund gebliebene Weine können nachträglich noch bitter werden, was PASTEUR (2) z. B. an zwei Rotweinen bemerkt hat, von denen der eine 17 Jahre, der andere 30 Jahre alt war.

Nach der treffenden Beschreibung von VERGNETTE-LAMOTTE (1) gibt sich die Krankheit zunächst dadurch zu erkennen, daß der Wein einen eigentümlichen Geruch erhält, etwas in der Farbe abstumpft und einen faden, nach dem Ausdruck der Küfer süßlichen Geschmack annimmt. Unmittelbar darauf wird der Wein bitter und läßt einen leichten Gärgeschmack wahrnehmen, der angeblich durch eine schwache Entwicklung von Kohlensäure bedingt ist. Bei weiterem Fortschreiten der Krankheit verändert sich unter Bildung stärkerer Trübungen auch der Farbstoff, während der Geschmack so abstoßend bitter wird, daß der Wein nicht mehr zu genießen ist.

Die Ursache der Bitter-Krankheit erblickt PASTEUR (2) in der Tätigkeit eines nach seinen Beschreibungen fakultativ anaeroben Spaltpilzes, der in kräftigen Stäbchen oder Fäden auftritt, die nach seinen Angaben dicker sind als die des Erregers des Umschlagens. Nach DUCLAUX (2) soll der Querdurchmesser dieser von PASTEUR (2) beschriebenen Bakterien 1 μ selten übersteigen. Die Stäbchen und Fäden sind meist von einer braunen Hülle von ausgeschiedenem Farbstoff umgeben und erscheinen dadurch dicker und stellenweise knorrig. J. BERSCH (1 u. 3) führt das Bitterwerden ebenfalls auf die Anwesenheit eines Gärerregers zurück, gibt davon aber eine ganz unzureichende Beschreibung, deren Mängel schon WORTMANN (8) aufgedeckt hat. NEUBAUER (1) hat die von PASTEUR (2) beschriebenen Bakterien angeblich auch in Ahr-Rotweinen als Erreger des Bitterwerdens nachgewiesen. PERRONCITO und MAGGIORA (1) haben in bitterkranken, jungen Peronospora-Weinen (vergl. S. 376) ein Stäbchenbakterium aufgefunden, dessen 5—6 μ lange und 1 μ dicke Zellen meist zu vielfach ineinandergeschlungenen Fäden vereinigt sind. Mit Bouillonzuchten dieses Spaltpilzes ließ sich ein gesunder, alkoholarmer Rotwein künstlich bitter machen, während das bei einem Wein von 8,5 Proz. Alkohol-Gehalt nicht gelang. KRAMER (1) vertritt dieselben Ansichten wie PASTEUR (2), hat aber bei Impfversuchen mit den Bakterien eines bitteren Weißweines keinen Erfolg gehabt. ADERHOLD (1) ist geneigt, als Ursache der Krankheit einen Bazillus anzusehen, den er in einem bitteren deutschen Rotwein auffand, jedoch nicht reinzüchtete. Dieser Spaltpilz bildet sehr dünne Zellen, die zu langen Fäden mit scharfen Knickungen verbunden sind. Versuche, die Krankheit durch Ueberimpfen des Bazillus auf gesunde Rotweine zu übertragen, haben nach einer Mitteilung von WORTMANN (8) nicht zum Ziel geführt, obwohl der Organismus nach der Ansicht dieses Forschers mit dem von PASTEUR (2) beschriebenen Bitterferment zweifellos identisch war. BORDAS, JOULIN und DE RACZKOWSKI (3, 4, 5) haben aus einem bitteren Wein ein polar begeißeltes, sporen-

bildendes Bakterium gezüchtet, mit dem sie einen gesunden, durch ein Chamberland-Filter sterilisierten Wein innerhalb 8 Monate angeblich bitter machen konnten. Auch WORTMANN (8) hat in einem bitteren Rotwein einen sporenbildenden Bazillus beobachtet, der aber an der 5 Krankheit nicht beteiligt sein soll. Dasselbe gilt nach seiner Ansicht von einer Reihe anderer Bakterien, die er in bitteren Weinen aufgefunden hat. Es befinden sich darunter auch das von PASTEUR (2) beschriebene Bitter-Bakterium sowie ein als *Micrococcus vini* bezeichneter Spaltpilz. MAZÉ und PACOTTET (2) haben aus bitteren Rot- 10 weinen vier angeblich streng anaerobe mannitbildende Bakterien gezüchtet, die in ihrem morphologischen und physiologischen Verhalten mit den Bakterien des umgeschlagenen Weines und dem Mannitbakterium von GAYON und DUBOURG (1 u. 2) völlig übereinstimmen sollen. Die Bitterkrankheit konnten auch sie mit diesen Bakterien 15 in gesunden Weinen nicht hervorrufen. VOISENET (1) beschreibt als Urheber des Bitterwerdens unter dem Namen *Bacillus amaracrylus* ein Stäbchenbakterium, welches er einem bitteren Wein entnommen hat; es soll aus Glycerin Acrolein bilden und dadurch den bitteren Geschmack des Weines verursachen. Der Infektionsversuch ist mit diesem Bakterium angeb- 20 lich geglückt. MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) haben in bitteren Rotweinen der Schweiz regelmäßig die von PASTEUR (2) beschriebenen Bakterien vorgefunden und sind der Ansicht, daß diese Spaltpilze das Bitterwerden in den von ihnen beobachteten Fällen auch tatsächlich bewirkt haben. Als Ergebnis dieser verschiedenen Arbeiten verdient fest- 25 gehalten zu werden, daß in bitteren Rotweinen stets Bakterien vorkommen, daß wir über die Rolle, die sie beim Bitterwerden spielen, aber mehr auf Vermutungen als auf sicher ermittelte Tatsachen angewiesen sind. An dieser Sachlage haben auch die neueren Befunde von VOISENET (1—4), die der Nachprüfung bedürftig sind, nicht viel 30 gebessert.

Was die Veränderungen anbelangt, welche die Bestandteile des Weines beim Bitterwerden erleiden, so sei zunächst auf die Angabe von PASTEUR (2) verwiesen, wonach die Krankheit den Gehalt des Weines an Weinsäure und Weinstein unverändert läßt und sich darin deutlich 35 vom Umschlagen unterscheidet. Die Weinstein-Bestimmungen, auf die sich PASTEUR (2) hierbei stützt, haben freilich, wie schon BEHRENS (2) ausgeführt hat, sehr widersprechende Ergebnisse geliefert. Der Gehalt des Weines an Gesamtsäure kann sich nach PASTEUR (2) fast um ein Promille erhöhen, wogegen NEUBAUER (1) gefunden hat, daß selbst bei 40 hochgradigem Bitterwerden eine nennenswerte Vermehrung der Gesamtsäure nicht stattfindet. J. BERSCH (1) bemerkt, daß bei der Krankheit die Weinsäure unter leichter Kohlensäure-Entwicklung angegriffen wird, und ähnliche Angaben finden sich bei GLENARD (1), DAHLEN (1) und E. KRAMER (1). DUCLAUX (1) hat eine Abnahme der fixen Säuren nicht be- 45 obachtet und erblickt hierin wie PASTEUR (2) ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal gegenüber dem Umschlagen, bei dem gerade diese Säuren der Zersetzung anheimfallen. Neuerdings hat auch VOISENET (1) einen Fall von Bitterkrankheit beobachtet, bei dem innerhalb 10 Jahre nur eine unwesentliche Verminderung der Weinsäure eingetreten war. Bei der Unter- 50 suchung von länger aufbewahrten bitteren Rotweinen hat DUCLAUX (1) ferner ermittelt, daß bei der Krankheit die flüchtigen Säuren des Weines an Menge zunehmen. Da nach seinen Beobachtungen gleichzeitig der Glycerin-Gehalt des Weines zurückgeht, vermutet er, daß diese Säure-

bildung auf einer Vergärung des Glycerins beruht. Die auftretenden flüchtigen Säuren bestehen nach DUCLAUX (1 u. 2) aus Essigsäure und geringen Mengen von Buttersäure. In einem stark erkrankten Burgunderwein hat er z. B. 1,83 Promille Essigsäure und 0,19 Promille Buttersäure gefunden. In einem anderen Falle hat er nachgewiesen, daß sich 5 in einem bitterkranken Wein, der im Jahre 1872 nur 1,85 Promille Essigsäure und 0,08 Promille Buttersäure enthalten hatte, im Laufe von 12 Jahren der Essigsäure-Gehalt auf 3,88 Promille und die Buttersäure auf 0,17 Promille erhöht hatte. Eine Vermehrung der flüchtigen Säuren mit Bildung von etwas Buttersäure wollen auch BORDAS, JOULIN und 10 RACZKOWSKI (4) in einem mit reingezüchteten Bakterien bitter gemachten Rotwein erzielt haben. Daß diese beiden letztgenannten Befunde nicht dazu berechtigen, die Bitterkrankheit als eine Buttersäure-Gärung zu bezeichnen, wie das von SÉMICHON (1) geschieht, ist auf S. 519 bereits gesagt worden. 15

Die mitgeteilten Angaben über das Verhalten der Säuren zeigen manche Widersprüche, die zum Teil sicher darauf zurückzuführen sind, daß nicht immer die reine Krankheit des Bitterwerdens, sondern öfter die Wirkungen einer Mischinfektion untersucht worden sind. Für einzelne Bestimmungen von DUCLAUX (1) steht das nach dessen eigenen 20 Mitteilungen unzweifelhaft fest. Wie MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) bereits bemerkt haben, erhält man bei einem Vergleich der ermittelten Zahlenwerte auch den Eindruck, daß die Krankheit mit dem Abbau der aus den Trauben stammenden organischen Säuren beginnt. Darauf weisen neben anderen Tatsachen der wiederholt beobachtete 25 fade Geschmack und die Kohlensäure-Entwicklung hin, die sich in diesem Abschnitt der Krankheit anscheinend regelmäßig bemerkbar machen. Nachträglich dürfte dann wohl durch Bildung von Milchsäure, Essigsäure und anderen Fettsäuren, die man früher als Weinsäure bestimmt hat, der Säure-Gehalt des Weines wieder eine Erhöhung 30 erfahren. Mit dieser Auffassung stehen freilich die später zu besprechenden Ansichten von WORTMANN (8) über das Wesen der Krankheit nicht ganz im Einklang.

Daß der Rotweinfarbstoff im Verlaufe der Krankheit zum Teil ausgefällt wird, hat schon PASTEUR (2) mitgeteilt. Der unlöslich ge- 35 wordene Farbstoff schlägt sich an der Flaschenwand in Lamellen nieder, die sich später wieder loslösen, und setzt sich auch auf den Bakterien und sonstigen Trübungsstoffen ab, woraus kugelförmige, einzeln liegende oder zu Konglomeraten vereinigte Ausscheidungen hervorgehen. WORTMANN (8) bezeichnet sie als Bitterkörnchen und ist im Gegensatz zu 40 PASTEUR (2) der Ansicht, daß sie in der Hauptsache aus Bitterstoff bestehen, der sich aus einem Oxydationsprodukt des Rotwein-Gerbstoffs bilde. Die beim Bitterwerden eintretende Abnahme des Farbstoff- und Gerbstoff-Gehaltes der Weine, wie sie NEUBAUER (1) beobachtet hat, dürfte zu diesem Vorgang in Beziehung stehen. Nach BERSCH (1) soll 45 der Gerbstoff allerdings in Gallussäure und vielleicht in Pyrogallussäure übergehen, eine Behauptung, die sich mit den von BERSCH (1) angeführten Tatsachen freilich nicht beweisen läßt.

Schon seit PASTEUR (2) und DUCLAUX (1 u. 2) ist bekannt, daß beim Bitterwerden auch der Glycerin-Gehalt des Weines eine Verminderung 50 erfährt. BORDAS, JOULIN und RACZKOWSKI (4) haben in einem durch Ansteckung bitter gemachten Wein im Laufe von 6 Monaten eine Abnahme der vorhandenen Glycerinmenge von 7,5 Promille auf 4,8 Promille

festgestellt, wozu freilich bemerkt werden muß, daß es bei dem auffälligen Rückgang des Weinstein-Gehaltes, der in diesem Wein eingetreten war, noch sehr fraglich ist, ob diese durch Impfung herbeigeführte Erkrankung mit dem gewöhnlichen Bitterwerden verglichen werden darf. VOISENET (1) will allerdings eine ebenso weitgehende Abnahme des Glycerins in Weinen beobachtet haben, die unzweifelhaft bitter waren. In einem Falle hatte die Krankheit den Glycerin-Gehalt im Laufe von 10 Jahren von 7,65 Promille auf 3,92 Promille herabgesetzt.

Ueber die Natur des Bitterstoffs sind die Meinungen sehr geteilt. Der Körper haftet nach NEUBAUER (1) zunächst nicht dem Gärerreger an, sondern ist anfangs im Wein gelöst, nach WINDISCH (1) möglicherweise in kolloidaler Form. WORTMANN (8) hat gezeigt, daß sich der Bitterstoff im Laufe der Krankheit zum Teil unlöslich abscheidet und im Bodensatz des Weines zu den oben erwähnten Bitterkörnchen zusammenballt. Beim Erwärmen des Weines gehen diese Gebilde wieder in Lösung, worauf die Erscheinung zurückzuführen ist, daß der bittere Geschmack beim Pasteurisieren des Weines leicht noch verstärkt wird. Ueber die chemische Zusammensetzung des Bitterstoffs ist nichts sicheres bekannt. Die in den älteren Werken von JULLIEN (1) und L. VON BABO (1) enthaltene Angabe, daß er aus einem bitter schmeckenden Citronensäure-Ester bestehe, hat MULDER (1) schon 1856 mit der Bemerkung zurückgewiesen, daß bei dem Fehlen der Citronensäure im Traubenwein eher der gleichfalls bitter schmeckende Weinsäure-Amyl-Ester vorliegen dürfte. Bei HELLENTHAL-BEYSE (1) findet sich die Bemerkung, daß der bittere Geschmack auf einen Ueberschuß an Tannin zurückzuführen ist, wie er sich ergibt, wenn die Weine zu lange auf den Trestern gären oder Gerbstoff aus dem Holz der Gärbehälter aufnehmen. Auf Grund ähnlicher Anschauungen geben NEUBAUER (1) und DAHLEN (1) der Vermutung Ausdruck, daß die bitter schmeckenden Körper durch eine Umsetzung des Gerbstoffes entstehen. WORTMANN (8) vertritt die gleiche Ansicht, die auch darin eine Stütze findet, daß die Krankheit vorzugsweise Rotweine und solche Weißweine befällt, die wie die ersteren auf den Trestern vergären und daher ebenfalls sehr viel Gerbstoff enthalten. J. BERSCH (1) glaubt zwar nachgewiesen zu haben, daß der Gerbstoff des Weines durch Bakterien in Gallussäure und vielleicht auch in die schwach bitter schmeckende Pyrogallussäure verwandelt wird, gibt aber doch an, daß der eigentliche Bitterstoff aus einem anderen Extrakt-Bestandteil des Weines hervorgehen müsse, weil der Geschmack der Pyrogallussäure mit dem eines bitteren Rotweines gar nicht zu vergleichen sei. MÜLLER-THURGAU und OSTERWALDER (1) weisen darauf hin, daß Gallussäure-Aethylester, der bei längerem Verweilen von Gallussäure im Wein wohl entstehen kann, gleichfalls bitter schmeckt. Nach MAUMENÉ (1) sollen stickstoffreiche Weine besonders leicht bitter werden. Man wird sich dabei der von F. EHRLICH (1) erwiesenen Tatsache zu erinnern haben, daß die Hefe beim Eiweiß-Stoffwechsel aus Tyrosin den stark bitter schmeckenden p-Oxyphenyl-Aethylalkohol (Tyrosol) abspaltet. Aehnliche Umsetzungen wären auch bei anderen Gärungserregern möglich. Nach MAUMENÉ (1) beruht das Bitterwerden des Weines nicht selten auch darauf, daß unter dem Einfluß des Luft-Sauerstoffs ein bitteres Aldehyd-Ammoniak-Harz im Weine gebildet wird. Derselben Ansicht ist TRILLAT (1), der auch nachgewiesen hat, daß in bitteren Rotweinen bis 0,15 Promille Aldehyd und verhältnismäßig viel Ammoniak enthalten ist. Nach den Beobachtungen dieses Forschers

kann man Rotweine durch Zusatz kleiner Mengen von Aldehyd und Ammoniak bitter machen, wobei auch die bekannten Ausscheidungen auftreten. Sie sollen Niederschläge des Harzes oder des Weinfarbstoffes sein, der durch Spuren von Aldehyd in eine unlösliche Verbindung übergeführt wird (s. S. 464 u. 497). Dieselbe Beschaffenheit besitzen nach 5 TRILLAT (1) auch die bekannten Knötchen und Hüllen an den Bakterien der bitteren Weine. Mit dieser Ansicht steht bis zu einem gewissen Grade die Angabe von WORTMANN (8) im Einklang, nach der die Bitterkörnchen als Gemenge von Bitterstoff und ausgeschiedenem Farbstoff anzusehen sind. Man vergleiche damit die Darlegungen von PACOTTET (2) 10 und KAYSER (2), worin Näheres über die Anschauungen von TRILLAT (1) mitgeteilt wird. Nach VOISENET (2 u. 3) entsteht beim Bitterwerden der Rotweine durch die Einwirkung des *Bac. amaracrylus* aus Glycerin Acrolein, das durch Oxydasen und Hefen sehr leicht oxydiert wird, im Wein aber eine Verbindung mit dem Rotweinfarbstoff eingeht und ein 15 Polymerisationsprodukt von stark bitterem Geschmack bildet. In dieser Form soll es auch in dem bekannten Bodensatz der Weine enthalten sein und dessen bitteren Geschmack verursachen.

Wie diese Zusammenstellung erkennen läßt, gehen nicht nur die Ansichten über die chemische Natur des Bitterstoffs weit auseinander, 20 sondern es herrscht auch keineswegs allgemein die Ueberzeugung, daß die Bitterkrankheit der Rotweine auf bakteriologischen Vorgängen beruht. Lehrreich sind in dieser Beziehung die mitgeteilten Versuche von TRILLAT (1), die gezeigt haben, daß auf rein chemischem Wege Rotweine bitter werden können. Eine ähnliche Beobachtung hat übrigens 25 auch PASTEUR (2) gemacht, der darauf hinweist, daß im Anbruch liegende Rotweine oft schon durch die bloße Einwirkung der Luft einen bitteren Geschmack annehmen, diesen aber wieder verlieren, wenn man sie sorgfältig von der Luft abschließt.

Nach den Untersuchungen von WORTMANN (1, 8, 11) kommt der Mit- 30 wirkung des Sauerstoffs beim Bitterwerden selbst dann große Bedeutung zu, wenn die Krankheit durch Gärungserreger verursacht wird. Nach seinen Ausführungen berechtigen die vorliegenden Tatsachen nicht dazu, die Krankheit des Bitterwerdens auf die Lebensvorgänge bestimmter Bakterien zurückzuführen. Beteiligt sind an ihr pilzliche Organismen, 35 und zwar vor allen Dingen gewisse Schimmelpilze, darunter in erster Linie der auf S. 365 beschriebene Pilz der Edelfäule (*Botrytis cinerea*), in zweiter Linie auch *Penicillium glaucum*, *Racodium cellare* und andere Pilze. Unter gewissen Umständen sollen nach WORTMANN (1 u. 11) auch Hefen das Bitterwerden bewirken, ferner gibt er die Möglichkeit zu, 40 daß Bakterien zu der Krankheit in Beziehung stehen, hebt aber hervor, daß die Beweise dafür noch fehlen. Durch die Lebenstätigkeit der Schimmelpilze werden die Gerbstoffe des Weines in Verbindungen umgewandelt, die bei Sauerstoff-Zutritt früher oder später in Bitterstoffe übergehen. WORTMANN (8) hält diese letzteren also für Oxydations- 45 produkte eines Gerbstoff-Abkömmlings, der durch Organismenwirkung entsteht. Von großer Bedeutung für das Auftreten der Krankheit sind nach WORTMANN (8) die Fäulnisvorgänge der Trauben, weil in der Regel schon dabei die Umsetzung der Gerbstoffe erfolgt. Weine aus stark verschimmelten Trauben sollen daher immer die Neigung besitzen, 50 an der Luft bitter zu werden. Durch vergleichende Gärversuche mit reinen Traubensäften und Gemischen von Mosten aus gesunden und faulen Trauben hat sich die Richtigkeit dieser Annahme erweisen lassen.

Auch hat Wortmann (11) gezeigt, daß gerbstoffhaltige künstliche Nährlösungen unter der Einwirkung von Schimmelpilzen und Hefen bitter werden. Seine Auffassung wird ferner durch die Ergebnisse von Gärversuchen gestützt, die E. Kayser und Regnier (1) ausgeführt haben, und entspricht auch der Ansicht, die Ad. Mayer (1) über das Bitterwerden geäußert hat.

Aus alledem ergibt sich der Schluß, daß der Wein auf sehr verschiedene Weise bitter werden kann. Völlig aufgeklärt sind die Vorgänge, die sich dabei abspielen, aber keineswegs, und eine befriedigende Lösung der ganzen Frage wird auch kaum zu erwarten sein, bevor die chemische Zusammensetzung der Bitterstoffe nicht genauer erforscht ist.

Als Bekämpfungsmittel gegen die Krankheit haben Pasteur (2), Neubauer (1), J. Bersch (3) und B. Haas (1) das Pasteurisieren der Weine empfohlen. Wortmann (8) hält diese Behandlung nur dann für angebracht, wenn die Weine stark bakterienhaltig sind und die Krankheit noch nicht weit vorgeschritten ist. Bei Weinen, die schon längere Zeit unter der Krankheit leiden, ist das Pasteurisieren bedenklich, weil sich in der Hitze die ausgeschiedenen Bitterstoffe wieder lösen und die Weine dadurch nur noch bitterer werden. Das von B. Haas (1) angegebene Verfahren, die Weine durch Zusatz von Kaliumpermanganat oder durch andere Oxydationsmittel vom Bittergeschmack zu befreien, ist für die Praxis bedeutungslos. Nach Nessler (1 u. 2) lassen sich bittere Weine oft durch Umgären auf frischen Trestern wieder herstellen, was nach Nessler (1 u. 2) und Wortmann (8) darauf beruht, daß die Hefen die Bitterstoffe durch Flächen-Anziehung mit zu Boden reißen. Dieselbe Wirkung hat Nessler (2) in manchen Fällen mit Filtrierpapier erreicht. Endlich läßt sich der Bitterstoff, wie Wortmann (8) und Windisch (1) angegeben haben, nicht selten auch durch Schönungen mit Hefe, Casein oder Holzkohle aus dem Wein entfernen. Vorzubeugen ist der Krankheit nach Wortmann (8) durch sorgfältige Beseitigung der faulen Trauben aus dem Lesegut, zeitiges Abkeltern der gärenden Maische, Abhalten der Luft vom Wein und durch Unterdrückung jeder Schimmelbildung auf den Fässern und auf den Korken der Flaschenweine. Man vergleiche damit die Ausführungen von Rouvier (1), Fallot (1) und Sémichon (1).

Literatur

zum Kapitel Fehler und Krankheiten des Weines.

*__Aderhold,__ R., (1) Landw. Jahrbücher, 1894, Bd. 23, S. 587. — (2) Ber. der Kgl. Lehranstalt f. Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim für 1892/93. Wiesbaden 1893, S. 63. *__Amthor,__ (1) Z. f. physiolog. Chem., 1888, Bd. 12, S. 558. *__Babo,__ A. von, und __Mach,__ E., (1) Handbuch des Weinbaus und der Kellerwirtschaft; 1. Bd.: Weinbau, 3. Aufl., Berlin 1909 u. 1910; 2. Bd.: Kellerwirtschaft, 4. Aufl., Berlin 1910. *__Babo,__ L. von, (1) Erzeugung und Behandlung der Traubenweine. 1846. *__Bach,__ A., (1) Biochem. Centralbl., 1909, Bd. 9, S. 1. *__Baragiola,__ W. I., und __Godet,__ Chr., (1) Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene. Veröffentl. v. Schweiz. Gesundheitsamt, 1912, Bd. 3, S. 235. *__Baragiola,__ W. I., und __Huber,__ P., (1) Landwirtschaftl. Jahrb. d. Schweiz, 1909, Bd. 23, S. 319. *__Basile,__ G., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1894, Bd. 26, S. 451. *__Bassermann-Jordan,__ F., (1) Geschichte des Weinbaus. Frankfurt 1907. *__Bauer,__ J., (1) Allgem. Wein-Zeitung, 1911, Bd. 28, S. 204. *__Behrens,__ J., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 514. — (2) Ebenda, 1896, Bd. 2, S. 213. — (3) Bericht d. Großherzogl. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg über ihre Tätigkeit i. J. 1902, S. 36; ref. in Kochs Jahresb., 1903, Bd. 14, S. 255. *__Beijerinck,__ W.,

(1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 209. ***Bersch,** J., (1) Die Krankheiten des Weines. Wien 1873. — (2) Weinlaube, 1872, Bd. 4, S. 139. — (3) Praxis der Weinbereitung. Berlin 1889. — (4) Wiener landw. Zeitung, 1881, Bd. 31, S. 225. ***Bertrand,** G., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1895, Bd. 121, S. 166. ***Boersch,** C., (1) Beitrag zur Kenntnis der Bakt. d. Weines. Dissert., Erlangen 1893. ***Bordas,** F., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1904, Bd. 138, S. 928. — (2) Ebenda, 1904, Bd. 138, S. 1287. — (3) Ebenda, 1888, Bd. 106, S. 85. ***Bordas, Joulin** und **de Raczkowski,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1898, Bd. 126, S. 1050. — (2) Ebenda, S. 1443. — (3) Comptes rendus de la Soc. de biologie, 1898, 10. sér., Bd. 5, S. 157. — (4) Comptes rend. de l'Ac., 1898, Bd. 126, S. 598. — (5) Ebenda, S. 1291. ***Bouffard,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 706. — (2) Ebenda, 1894, Bd. 118, S. 827. — (3) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 7, S. 81 u. 570. ***Bouffard,** A., und **Sémichon,** L., (1) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 377; Comptes rend. de l'Ac., 1898, Bd. 126, S. 423. ***Brown,** Ad. J., (1) Journal Chemical Society of London. Transactions, 1886, Bd. 49, S. 172. ***Capus,** J., (1) Revue de Viticulture, 1904, Bd. 22, S. 360. ***Carles,** P., (1) Revue intern. des falsific., 1897, Bd. 10, S. 138. — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1891, Bd. 112, S. 811. — (3) Cit. n. Vierteljahrsschrift über die Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1893, Bd. 8, S. 400. — (4) Répertoire de pharmacie et journal de chimie médicale, 1883, 39. Jg., Bd. 11, S. 59; cit. n. Biedermanns Centralbl., 1883, Bd. 12, S. 790. ***Cazeneuve,** P., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 406 u. 781. — (2) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 8, S. 77. ***Cercelet,** M., (1) Revue de Viticulture, 1908, Bd. 30, S. 237. ***Chaptal,** J. A., (1) L'Art de faire le vin. Paris 1800; Annales de chimie, Bd. 35; Deutsche Ausgabe von C. W. Böckmann, 1. Aufl. Karlsruhe 1800, 2. Aufl. 1806. ***Chuard,** E., (1) Revue internationale de Viticulture et d'Oenologie, 1894, Bd. 1, S. 123 u. 194. ***Coudon,** H., und **Pacottet,** P., (1) Revue de Viticulture, 1902, Bd. 17, S. 261 u. 357. ***Dahlen,** H. W., (1) Handbuch der Weinbereitung. Braunschweig 1878. ***Daudrieux,** (1) Cit. n. Vierteljahresschrift über die Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1893, Bd. 8, S. 400. ***Desmazières,** J. B., (1) Annales des sciences nat., 1826. Sér. 1, Bd. 10, S. 42; Recueil des travaux de la Société d'amateurs des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille pour 1825. Lille 1826. ***Dienert,** Fr., (1) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 13, S. 241. ***Dragendorff,** (1) Archiv der Pharmacie, 1879, Bd. 215, S. 47. ***Duclaux,** E., (1) Ann. Pasteur, 1893, Bd. 7, S. 537. — (2) Traité de Microbiologie, Bd. 4. Paris 1901, S. 630. ***Dufour,** L., und **Daniel,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 125, S. 534. ***Ehrlich,** F., (1) Landw. Jahrbücher, 1909, Bd. 38, Ergänzungsbd. V, S. 307. ***Ehrlich,** F., und **Pistschimuka,** P., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1912, 45. Jg., Bd. I, S. 1006. ***Erckmann,** L., (1) Chem.-Ztg., 1898, Jg. 22, Bd. I, S. 673. ***Fallot,** B., (1) Revue de Viticulture, 1908, Bd. 29, S. 579. ***Feytaud,** J., (1) Revue de Viticulture, 1910, Bd. 33, S. 113. ***Fitz,** A., (1) Annalen d. Oenologie, 1870, Bd. 1, S. 437. ***Forti,** C., (1) Ann. della soc. chim. di Milano, 1901, Bd. 3, fasc. 1; cit. n. Kochs Jahresb., 1901, Bd. 12, S. 174. ***François,** (1) Annales de chim. et de phys., 1831, 2. sér., Bd. 46, S. 212. ***Fuhrmann,** Fr., (1) Beihefte z. Botan. Centralbl., 1906, Bd. 19, S. 1. ***Galeazzi,** J., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1895, Bd. 28, S. 181. ***Gautier,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1878, Bd. 86, S. 1338. ***Gayon,** U., (1) Revue de Viticulture, 1894, Bd. 1, S. 33. ***Gayon,** U., und **Dubourg,** E., (1) Ann. Pasteur, 1894, Bd. 8, S. 108. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 15, S. 526. — (3) Ebenda, 1904, Bd 18, S. 385. ***Gimel,** G., (1) Revue de Viticulture, 1908, Bd. 30, S. 695; Bulletin de l'Assoc. des Chimistes de Sucr. et de Dist., 1909, Bd. 26, S. 1083. ***Glan,** R., (1) Ueber den Malvenfarbstoff. Dissert., Erlangen 1892. ***Glenard,** (1) Annales de la Société d'agriculture de Lyon, 1862, Bd. 6; cit. n. Maumené (1). ***Gouirand,** G., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1895, Bd. 120, S. 887. — (2) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 7, S. 33. — (3) Ebenda, S. 415. ***Haas,** B., (1) In: Mitteilungen der chem.-physiol. Versuchsstation f. Wein- u. Obstbau in Klosterneuburg, 1888, Heft 5, S. 77. ***Haass,** R., (1) Annalen der Oenologie, 1872, Bd. 2, S. 476. ***Hädrich,** (1) Weinbau und Weinhandel, 1912, Bd. 30, S. 478. ***Hailer,** E., (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1911, Bd. 36, S. 297. ***Hamm,** A., (1) Arch. f. Hyg., 1906, Bd. 56, S. 380. ***Hansen,** E. Chr., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1879, Bd. 1, S. 49 u. 96. ***von der Heide,** C., (1) In: Babo und Mach (1), Bd. 2. ***Heise,** R., (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1894, Bd. 9, S. 478. ***Hellenthal-Beyse,** (1) Hilfsbuch für Weinbesitzer und Weinhändler. 8. Aufl., 1869. ***Henneberg,** W., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1898, Bd. 21, S. 180; Die deutsche Essigindustrie, 1898, Bd. 2, Nr. 19. — (2) Die deutsche Essigindustrie, 1906, Bd. 10, S. 89. — (3) Z. f. Spiritusindustrie, 1903, Bd. 26, S. 315. ***Jégou,** (1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 1893, Bd. 28, S. 103. ***Jullien,** A., (1) Der erfahrene Weinkellermeister. 5. Aufl., 1859. ***Kayser,** E., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1911, Bd. 152, S. 1422. — (2) Revue de Viticulture, 1913, Bd. 39, S. 745 u. 783. ***Kayser,** E., und **Manceau,** E., (1) Les ferments de la graisse des vins. Epernay 1909. — (2) Comptes rend. de l'Ac.,

1906, Bd. 142, S. 725, und Bd. 143, S. 247; 1908, Bd. 146, S. 92; 1909, Bd. 149, S. 740. — (3) Revue de Viticulture, 1909, Bd. 32, S. 660. *Kayser, E., und Regnier, L., (1) Revue de Viticulture, 1901, Bd. 16, S. 196. *Kehlhofer, W., (1) Landw. Jahrb. der Schweiz, 1908, Bd. 22, S. 340. — (2) Schweiz. Zeitschr. f. Obst- und Weinbau, 1901, Bd. 10, S. 370. *Knieriem, W. von, und Mayer, Ad., (1) Landw. Versuchsstationen, 1873, Bd. 16, S. 305. *Koch, A., (1) Weinbau und Weinhandel, 1898, Bd. 16, S. [illegible]. *Kossowicz, A., (1) Einführung in die Mykologie der Genußmittel und in die Gärungsphysiologie. Berlin 1911. *Kramer, E., (1) Die Bakteriologie in ihren Beziehungen zur Landwirtschaft und den landw.-technischen Gewerben, 2. Teil. Wien 1892, S. 122. — (2) Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-phys. Kl., 1889, Bd. [illegible], S. [illegible]; Monatsh. f. Chem., 1889, Bd. 10, S. 467. — (3) Weinbau und Weinhandel, 1890, Bd. 8, S. 121. — (4) Landw. Versuchsstationen, 1890, Bd. 37, S. 325. *Kroemer, K., (1) Mitteilungen über Weinbau und Kellerwirtschaft, 1906, Bd. 18, S. 17. — (2) Bericht der Kgl. Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim f. d. J. 1908. Berlin 1909, S. 159. — (3) Ebenda, für 1911. Berlin 1912, S. 172. — (4) Ebenda, S. 170. — (5) Weinbau und Weinhandel, 1912, Bd. 30, S. [illegible]. *Kützing, Fr. Tr., (1) J. f. prakt. Chem., 1837, Bd. 11, S. 385. *Kulisch, P., (1) Weinbau und Weinhandel, 1895, Bd. 13, S. 2. — (2) Bericht d. Kgl. Lehranstalt f. Wein-, Obst- u. Gartenbau zu Geisenheim f. 1897/98. Wiesbaden 1898, S. 105. *Laborde, J., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1896, Bd. 123, S. 1074. — (2) Ebenda, 1897, Bd. 125, S. 248. — (3) Ebenda, 1898, Bd. 126, S. [illegible]; Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 323. — (4) Comptes rend. de l'Ac., 1902, Bd. 134, S. 723; Revue de Viticulture, 1902, Bd. 17, S. 386. — (5) Comptes rend. de l'Ac., 1904, Bd. 138, S. 228. — (6) Procès verb. des séances de la Soc. des Sciences phys. et nat. de Bordeaux, 1904; cit. n. Müller-Thurgau und Osterwalder (1). — (7) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 553; Comptes rend. de l'Ac., 1898, Bd. 126, S. 1223. — (8) Revue de Viticulture, 1901, Bd. 15, S. 201. — (9) Comptes rend. de l'Ac., 1904, Bd. 138, S. 228. *van Laer, H., (1) Mém. cour. de l'Acad. royale de Belgique, 1892, Bd. 47; cit. n. Kochs Jahresb., 1892, Bd. 3, S. 162. *Lafar, Fr., (1) Centralbl. f. Bakt., 1893, Bd. 13, S. 684. *Lagatu, H., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 1461. *Langlais, (1) Cit. n. Vierteljahresschrift über die Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1893, Bd. 8, S. 400. *Lebanneur, (1) Cit. n. Vierteljahresschrift über die Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1893, Bd. 8, S. 400. *Leberle, H., (1) Beiträge zur Kenntnis der Gattung Mycoderma. Techn. Dissert., München 1909. *Lindet, L., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1895, Bd. 120, S. 370. *Lindner, P., (1) Mikroskop. Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben. 4. Aufl., Berlin 1905. *Lopriore, G., (1) Jahrb. wiss. Bot., 1895, Bd. 28, S. 4. *Lüstner, G., (1) Mitteilungen über Weinbau und Kellerwirtschaft, 1905, Bd. 17, S. 148. *Macagno, I., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1877, Bd. 6, S. 79. *Mach, E., (1) Weinlaube, 1872, Bd. 4, S. 215. *Mach, E., und Portele, K., (1) Weinlaube, 1881, Bd. 13, S. 28 u. 39. — (2) Biedermanns Centralbl., 1878, Bd. 7, S. 931. — (3) Landw. Versuchsstationen, 1890, Bd. 37, S. 305. *Maitre, A., (1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 5. sér., 1894, Bd. 30, S. 339; ref. in Chem. Centralbl., 1894, Bd. II, S. 906. *Malbot, H. und A., (1) Bulletin Société chimique. Paris, 3. sér., 1894, Bd. 11, S. 87. *Malvezin, Ph., (1) Bulletin de l'Assoc. des Chimistes de Sucr. et de Dist., 1910, Bd. 27, S. 866; ref. in Zeitschrift f. Unters. der Nahrungs- u. Genußmittel, 1912, Bd. 23, S. 223. *Manceau, E., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1907, Bd. 145, S. 352. — (2) Revue de Viticulture, 1910, Bd. 33, S. 673. *Manon, (1) Bull. des travaux de la societé de pharmacie de Bordeaux, 1909, Bd. 49, S. 126; ref. in Zeitschr. f. Unters. der Nahrungs- und Genußmittel, 1910, Bd. 20, S. 744. *Marcano, V., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1889, Bd. 108, S. 955. *Martinand, V., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1895, Bd. 120, S. 426, und Bd. 121, S. 502; 1897, Bd. 124, S. 512. — (2) Revue de Viticulture, 1898, Bd. 9, S. 305. *Mathieu, L., (1) Revue de Viticulture, 1895, Bd. 3, S. 433. — (2) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 13, S. 158. — (3) Ebenda, 1898, Bd. 10, S. 155. — (4) Ebenda, 1900, Bd. 13, S. 273. *Maumené, E., (1) Traité théorique et pratique du travail des vins, Bd. 1, 3. Aufl., Paris 1890, S. 494 u. 496. *Mayer, Ad., (1) Untersuchungen über die alkoholische Gärung, den Stoffbedarf und den Stoffwechsel der Hefepflanze. Heidelberg 1869. *Mazé, P., und Pacottet, P., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1907, Bd. 145, S. 141; Revue de Viticulture, 1907, Bd. 28, S. 12. — (2) Ann. Pasteur, 1904, Bd. 18, S. 244; Revue de Viticulture, 1904, Bd. 21, S. 461 u. 490. *Mazé, P., und Perrier, A., (1) Ann. Pasteur, 1903, Bd. 17, S. 587. *Meissner, R., (1) Des Küfers Weinbuch. Stuttgart [illegible]. — (2) Weinbau und Weinhandel, 1899, Bd. 17, S. 419. — (3) Landw. Jahrbücher, 1901, Bd. 30, S. 568. — (4) Württemb. Wochenblatt f. Landwirtschaft, 1901, S. 755. — (5) Weinbau und Weinhandel, 1901, Bd. 19, S. 484. — (6) In: Babo und Mach (1), Bd. 2, S. 699 u. 706. — (7) Landw. Jahrbücher, 1898, Bd. 27, S. 715. — (8) 2. Ber. d. Weinbau-Versuchsanst. Weinsberg f. 1904, S. 69; Zeitschr. f. Gärungsphysiologie, 1913, Bd. 2, S. 129. *Merz, J. L., (1) Allgem. Wein-Zeitung, 1913, Bd. 30, S. 221. *Moritz, J., (1) Der Weinbau, 1882, Bd. 8, S. 51 u. 87. — (2) Chem.-Ztg., 1885, Jg. 9, 1. Halbjahr, S. 555. *Müller,

J. A., (1) Ann. de chim. et de phys., 1897, 7. sér., Bd. 11, S. 394. ***Müller-Thurgau,** H., (1) Schweiz. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau, 1894, Bd. 3, S. 8. — (2) Landw. Jahrbücher, 1888, Bd. 17, S. 83. — (3) Weinbau und Weinhandel, 1909, Bd. 27, S. 228. — (4) 7. Jahresber. d. Schweiz. Versuchsanstalt f. Obst-, Wein- u. Gartenbau in Wädenswil f. 1896/97, S. 50. — (5) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 849. — (6) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1907, Bd. 21, S. 230. — (7) 3. Jahresber. d. Versuchsanstalt usw. in Wädenswil f. 1892/93, S. 90. — (8) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1908, Bd. 20, S. 353. — (9) 3. Jahresber. der Versuchsanstalt usw. in Wädenswil f. 1892/93, S. 93. — (10) Centralblatt f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 17, S. 11. ***Müller-Thurgau,** H., und **Osterwalder,** A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1912, Bd. 32, S. 129. — (2) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1910, Bd. 24, S. 259. — (3) Ebenda, 1908, Bd. 22, S. 728; 1910, Bd. 24, S. 273; 1912, Bd. 26, S. 375. — (4) Ebenda, 1912, Bd. 26, S. 378. ***Mulder,** G. J., (1) Die Chemie des Weines. Deutsche Ausgabe von Karl Arenz, Leipzig 1856. ***Nessler,** J., (1) Die Bereitung, Pflege und Untersuchung des Weines, 7. Aufl., Stuttgart 1898. — (2) Desgl., 8. Aufl., Stuttgart 1908. — (3) Wochenbl. d. landw. Vereins im Großherzogtum Baden, 1883, S. 19. — (4) Weinlaube, 1884, S. 471; Biedermanns Centralbl., 1885, S. 131. — (5) Ber. über die Verhandlungen des XIV. Deutsch. Weinbau-Kongresses in Neustadt a. d. Hardt. Mainz 1896, S. 57; Schweiz. Zeitschr. f. Obst- und Weinbau, 1895, Bd. 4, S. 281. ***Neubauer,** C., (1) Annalen der Oenologie, 1872, Bd. 2, S. 1. ***Osterwalder,** A., (1) Landw. Jahrb. d. Schweiz, 1902, Bd. 16, S. 498. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1913, Bd. 37, S. 353. — (3) Ebenda, 1913, Bd. 38, S. 8. ***Pacottet,** P., (1) Vinification. Paris 1904, S. 279. — (2) Revue de Viticulture, 1907, Bd. 27, S. 595. — (3) Ebenda, 1903, Bd. 20, S. 158. ***Passerini,** N., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1906, Bd. 39, S. 221. — (2) Ebenda, S. 241. ***Pasteur,** L., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1862, Bd. 64, S. 265. — (2) Etudes sur le vin. 2. Aufl., Paris 1873. — (3) Comptes rend. de l'Ac., 1857, Bd. 45, S. 913. ***Pavarino,** L., (1) Atti del'Ist. bot. di Pavia, 1906, Bd. 11, S. 16. ***Peglion,** V., (1) Bolletino della Società degli Agricoltori Italiani, Roma 1897; ref. in Revue de Viticulture, 1897, Bd. 7, S. 684. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 473. ***Péligot,** (1) In: Dumas, Traité de Chimie, 1843, Bd. 6, S. 335. ***Perold,** A. I., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 24, S. 13. ***Perraud,** J., (1) Revue de Viticulture, 1897, Bd. 7, S. 371. ***Perroncito,** C., und **Maggiora,** A., (1) La settimana vinic., 1888, Bd. 9; cit. n. Weinlaube, 1888, Bd. 20, S. 459. ***Pinard,** (1) Cit. n. Vierteljahrsschrift über die Fortschritte auf dem Gebiete der Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1893, Bd. 8, S. 400. ***Portele,** K., (1) Weinlaube, 1883, 15. Jg., S. 361. ***Portes,** M., (1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 1892, Bd. 26, S. 383. ***Pozzi-Escot,** E., (1) Bulletin de l'Assoc. des Chimistes de Sucr. et de Dist., 1909, Bd. 26, S. 986. ***Preyss,** M., (1) Annalen der Oenologie, 1873, Bd. 3, S. 487. — (2) Weinbau, 1875, Bd. 1, S. 189. ***Ravizza,** F., (1) Staz. sperim. agr. ital., 1889, Bd. 17, S. 503. ***Rayman,** B., und **Kruis,** K., (1) Mitteilungen der Versuchsstation für Spiritusindustrie in Prag, 1891, Bd. 1; ref. in Kochs Jahresb., 1891, Bd. 2, S. 125. ***Reis,** F., (1) Der Weinbau, 1905, Bd. 4, S. 125. ***Reisch,** R., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1905, Bd. 14, S. 572. ***Reusch,** Fr. J., (1) Pharmaceut. Ztg., 1894, Bd. 38, S. 864. ***Rocques,** X., (1) Revue de Viticulture, 1902, Bd. 17, S. 356. ***Roos,** L., (1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 1893, 5. sér., Bd. 27, S. 405. ***Rothenbach,** Fr., (1) Die Untersuchungsmethoden und Organismen des Gärungsessigs und seiner Rohstoffe. Berlin 1907. ***Rouvier,** (1) Giornale vinicolo italiano, ref. in Allgem. Wein-Zeitung, 1890, Bd. 7, S. 204. ***Rozier,** (1) De la fermentation des vins, 1770; cit. n. Pasteur (2). ***Sauzéat,** M., (1) Progrès agricole et viticole, 1912, Bd. 55, S. 338. ***Schaffer,** F., (1) Schweiz. Wochenschr. f. Pharmacie, 1891, Nr. 25; Monatsschr. f. Obst- und Weinbau, 1891, Jg. 29, Nr. 7; ref. in Chem. Ztg., 1891, Jg. 15, 2. Halbjahr, S. 919. ***Schander,** R., (1) Jahresb. d. Vereinigung der Vertreter für angewandte Botanik f. 1903/04, Berlin 1905, S. 85. ***Scheibler,** C., (1) Zeitschr. d. Vereins f. d. Rübenzucker-Industrie d. Deutschen Reichs, 1873, Bd. 23, S. 288; 1877, Bd. 27, S. 60 u. 514. ***Schidrowitz,** Ph., (1) Analyst, 1902, Bd. 27, S. 42; cit. n. Kochs Jahresb., 1902, Bd. 13, S. 319. ***Schindler,** J., (1) Weinlaube, 1905, Bd. 37, S. 39; Allgem. Wein-Ztg., 1907, Bd. 24, S. 243. ***Schnitzler,** J., und **Henri,** V., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1909, Bd. 149, S. 312; Biochem. Zeitschrift, 1910, Bd. 25, S. 263. ***Schulz,** A., (1) Annalen der Oenologie, 1878, Bd. 7, S. 115. — (2) Weinlaube, 1877, Bd. 9, S. 303. ***Seifert,** W., (1) Mitteilungen des Vereins zum Schutze des österreichischen Weinbaues, 1908, Bd. 17, S. 4414. — (2) Weinlaube, 1903, Bd. 35, S. 590. — (3) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1901, Bd. 4, S. 221. — (4) Ebenda, S. 215. — (5) Bericht über die Tätigkeit der chemisch-physiolog. Versuchsstation Klosterneuburg, 1899, S. 13. — (6) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1906, Bd. 9, S. 1019. — (7) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 337. — (8) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1900, Bd. 3, S. 204; 1901, Bd. 4, S. 215. — (9) Ebenda, 1903, Bd. 6, S. 738. — (10) Tätigkeitsbericht des chem. Versuchs- und Heferein-

zucht-Laboratoriums der Lehranstalt f. Wein- und Obstbau in Klosterneuburg für 1910/11. ***Seifert,** W., und **Haid,** R., (1) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1909, Bd. 12, S. 681. — (2) Ebenda, 1910, Bd. 13, S. 536. ***Sémichon,** L., (1) Traité des maladies des vins. Montpellier 1905. — (2) Revue de Viticulture, 1900, Bd. 14, S. 393. — (3) Ebenda, 1905, Bd. 23, S. 173. ***Skerst,** O. von, (1) W. f. Brauerei, 1898, Bd. 15, S. 354. ***Smith,** G., (1) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., Bd. 30, S. 208. ***Stang,** (1) Bericht d. Großherzogl. Bad. Landw. Versuchsanstalt Augustenberg für 1902, S. 40. ***Strecker,** (1) Liebigs Ann., 1854, Bd. 92, S. 80. ***Strohmer,** F., (1) Oesterr.-ung. Zeitschrift f. Zuckerindustrie u. Landwirtschaft, 1910, Bd. 39, S. 687. ***Tolomei,** G., (1) Atti Accad. dei Lincei, Roma, 1896, Bd. 5, S. 52. — (2) L'Orosi, 1890, Bd. 13, S. 401. ***Trillat,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1906, Bd. 143, S. 1244. ***Vergnette-Lamotte,** de, (1) Cit. n. Pasteur (2). ***Vogel,** J. H., (1) Zeitschrift für angew. Chemie, 1891, Bd. 4, S. 641. ***Voisenet.** E., (1) Revue de Viticulture, 1913, Bd. 39, S. 827; Comptes rend. de l'Ac., 1913, Bd. 156, S. 1181. — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1910, Bd. 151, S. 518. — (3) Ebenda, 1911, Bd. 153, S. 363. — (4) Revue de Viticulture, 1911, Bd. 36, S. 516. ***Weigert,** (1) Weinlaube, 1902, Bd. 34, S 145. *W e i n b a u, Der, (1) 1881, Jg. 7, S. 4. ***Wermischeff,** (1) Ann. Pasteur, 1893, Bd. 7, S. 213. ***Will,** H., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 28, S. 1; 1911, Bd. 29, S. 609. — (2) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1900, Bd. 23, S. 185. — (3) Ebenda, 1901, Bd. 24, S. 140. — (4) Ebenda, 1899, Bd. 22, S. 391. ***Windisch,** K., (1) In: Nessler (2). — (2) Weinbau und Weinhandel, 1902, Bd. 20, S. 297. ***Winogradsky,** S., (1) Arb. d. St. Petersburger naturforsch. Gesellsch., 1884, Bd. 14, S. 132; ref. in Justs Botan. Jahresber., 1885, S. 278. ***Wortmann,** J., (1) Die wissenschaftl. Grundlagen der Weinbereitung und Kellerwirtschaft. Berlin 1905. — (2) Ber. der Kgl. Lehranstalt für Wein-, Obst- u. Gartenbau in Geisenheim f. 1900/01. Wiesbaden 1901, S. 88; desgl. für 1898/99. Wiesbaden 1899, S. 61. — (3) Weinbau und Weinhandel, 1899, Bd. 17, S. 294. — (4) Ebenda, 1896, Bd. 14, S. 392; Verhdlg. d. XV. Deutsch. Weinbaukongresses in Heilbronn 1896. Mainz 1897. — (5) Jahresber. d. Kgl. Lehranstalt usw. in Geisenheim f. 1900/01, S. 92; Mitteilungen über Weinbau u. Kellerwirtschaft, 1901, Bd. 13, S. 49. — (6) Weinbau und Weinhandel, 1897, Bd. 15, S. 321; Jahresber. d. Kgl. Lehranstalt usw. in Geisenheim f. 1896/97. Wiesbaden 1897, S. 162. — (7) Landw. Jahrbücher, 1897, Bd. 26, S. 473. — (8) Ebenda, 1900, Bd. 29, S. 629. — (9) Jahresber. d. Kgl. Lehranstalt usw. in Geisenheim f. 1891/92. Wiesbaden 1892, S. 52. — (10) Ebenda, S. 55; Weinbau und Weinhandel, 1893, Bd. 11, S. 9. — (11) Jahresbericht d. Kgl. Lehranstalt usw. in Geisenheim f. 1901. Wiesbaden 1902, S. 116. ***Wurm,** E., (1) Dinglers Journ., 1880, Bd. 235, S. 225.

Sechster Abschnitt.

Die Essigsäuregärung. Der Abbau einiger organischer Säuren durch Spaltpilze.

(Manuskript-Abschlufs: Ende 1911.)

19. Kapitel.

Die Essigsäuregärung.

Von

Dr. Lafar.

§ 122. Die Essigsäuregärung als Lebensvorgang.

Fr. Tr. Kützing (1) ist nicht bloß, zusammen mit Schwann und Cagniard-Latour, einer der drei gleichzeitigen Gründer der Gärungsphysiologie im allgemeinen gewesen. Schon auf S. 15 des Ersten Bandes, auf der man die entscheidende Stelle aus seiner anspruchslos auf- 5 tretenden Abhandlung wörtlich wiedergegeben finden kann, ist mit Nachdruck darauf hingewiesen worden, daß er sich nicht, wie seine eben genannten zwei Mitstreiter, auf die Alkoholgärung beschränkt, sondern den Kreis der Betrachtung viel weiter ausgedehnt hat. Ihm allein kommt das Verdienst zu, auch die Essigsäuregärung als Ergebnis der 10 Tätigkeit gewisser Kleinlebewesen aufgefaßt zu haben, die er scharf von den Erregern der Alkoholgärung unterschied. Seine Bedeutsamkeit als grundlegender Forscher ist durch W. Zopf (2) und W. Schumann (1) in je einem lesenswerten Nachruf betont worden. A. Schrohe (3) sieht einen Vorläufer Kützing's in H. Boerhaave (1), welcher im Jahre 1732 15 in seinem auch für die Geschichte der Gärungstechnik wertvollen Buche die Gärung als eine Art Vegetationsprozeß aufgefaßt zu haben scheine und für deren Erreger die wohl aus der Volkssprache bloß herübergenommenen Ausdrücke Blume (flos) und Mutter (mater) gebraucht habe.

Gegenstand der Darlegungen Kützing's war bloß jene Art der 20 Säuerung gewesen, die in alkoholischen Getränken, wie Wein oder Bier, bei ruhigem Stehen durch eine an der Oberfläche sich entwickelnde

Wucherung von Spaltpilzen eintritt und bei Verwendung von Wein als Unterlage den Weinessig liefert, der in Frankreich insbesondere in der Gegend von Orléans seit langem in vortrefflicher Beschaffenheit hergestellt wird, wonach auch diese Art der Essigbereitung kurzweg *Orléans-Verfahren* heißt. In Deutschland hingegen war damals (1837) schon das nach SCHÜTZENBACH benannte Verfahren in Gebrauch, das, zum Unterschied von jenem, nicht ein verhältnismäßig extraktreiches Rohmaterial, sondern eine aus verdünntem Spiritus, Essig und geringen Mengen anderer organischer und anorganischer Nährstoffe zusammengesetzte Maische (Essiggut) verwendet, weiterhin dann diese letztere nicht, wie dort, ruhig stehen läßt, sondern im Gegenteil in tropfenfeiner Zerteilung in dem mit Holzspänen beschickten sogen. Bildner einem Strome von Luft entgegenführt und so in viel kürzerer Zeit zu hohen Säuregraden gelangt, so daß dieses Verfahren mit Recht als *Schnellessig-Fabrikation* bezeichnet wird. Hier liegen also die Verhältnisse anders und kommen jenen sehr nahe, unter welchen der Chemiker zu arbeiten und zu beobachten gewohnt ist; denn hier, im Bildner, vermag, bei normaler Arbeit, das unbewaffnete Auge nicht die Anwesenheit pilzlicher Organismen zu entdecken. Man wird sich demnach auch nicht wundern können, daß LIEBIG, als er an das Studium der Essigsäuregärung schritt und dabei zunächst dieses deutsche Verfahren allein zum Gegenstande hatte, sozusagen von selbst zu einer rein chemischen Auffassung des Vorganges im Essigbildner hingeleitet wurde. Zu erwägen wäre aber auch, inwieweit er dabei unter dem Einflusse HERMBSTÄDT's (1) sich bewegte, welcher als chemischer Technologe damals ziemliches Ansehen genoß und im Jahre 1807 die Essigsäuregärung vom Standpunkte der auf S. 3 des Ersten Bandes dargelegten Gärungs-Theorie STAHL's aus gedeutet hatte.

EDM. DAVY (1) hatte im Jahre 1820 an dem durch ihn entdeckten Platinschwarz die Fähigkeit bemerkt, den Alkohol unter Bildung von Essigsäure zu oxydieren. J. W. DÖBEREINER (2), dessen Arbeiten und Bestrebungen auf dem Gebiete der Essigindustrie ihre Würdigung durch A. SCHROHE (1) gefunden haben, bestätigte und erweiterte diesen Befund im Jahre 1821 dahin, daß als Zwischenprodukt der Oxydation der sogen. Sauerstoffäther, der später den Namen Aldehyd bekam, auftrete. Ein Jahr darauf wies DÖBEREINER (3) auf die Anwendbarkeit jenes Verhaltens zur Darstellung der Essigsäure im Großen hin und gab dann auch einen Apparat für diesen Zweck an. Und wieder ein Jahr später (1823) empfahl SCHÜTZENBACH sein neues Verfahren der Schnellessig-Fabrikation (s. S. 608).

Als dann LIEBIG (1) im Jahre 1835 mit dem Studium der Produkte der (auf nassem Wege bewirkten) Oxydation des Alkohols beschäftigt war, unter denen er als erstes den Aldehyd erkannte und benannte, wiederholte er auch DÖBEREINER's Versuch und erörterte schließlich die Frage, ob bei der Essigbildung die Entstehung des (schon bei 21° C siedenden) Aldehyds jener der Essigsäure stets vorhergehe und inwieweit sie an der von den Schnellessig-Fabrikanten so oft beklagten schlechten Leistung der Bildner und an der ungenügenden Ausbeute die Schuld trage. Zwei Jahre später kommt LIEBIG (2) darauf in einer Abhandlung zurück, die laut Titel schon der Theorie des Essigbildungsprozesses gewidmet ist. Sie beschäftigt sich zwar im wesentlichen bloß mit der Frage des Luftbedarfes und der Lüftung der Bildner, weist jedoch zu Beginn darauf hin, daß die Art der Wirkung der der Essigmaische

zugesetzten organischen Stoffe (Zucker, Malz usw.) noch nicht hinlänglich erforscht sei. Im übrigen aber hält sie sich ganz auf dem Boden rein chemischer Auffassung und stellt zum Schlusse es als gewiß hin, Essig in jeder beliebigen Stärke bereiten zu können, sofern man für Zusatz von Alkohol bei jedem neuen Aufgießen auf den Bildner Sorge trage. Und wieder zwei Jahre später dehnt LIEBIG (3) seine Deutung auf die Säuerung des Weines (wie auch des Bieres) nach dem Orléans-Verfahren aus und behauptet, daß die Essiggärung mit der (von anderen mit ihr verglichenen) Mostgärung nichts anderes gemein habe, als daß auch sie bei Luftzutritt vor sich gehe, ohne daß man sonst etwas hinzubringe. Er erklärt die Wirkungsweise der Holzspäne im Bildner derjenigen des Platinmohrs in DÖBEREINER's Versuch für durchaus gleich und legt (4) diese seine Theorie noch eingehender in seiner im selben Jahre herausgegebenen Organischen Chemie und im folgenden Jahre in seinem schon auf S. 16 des Ersten Bandes angeführten Buche dar. Und auch BERZELIUS (1) ging in seinem Jahresbericht für 1839 über die Beobachtungen KÜTZING's geringschätzig hinweg; nach seiner Meinung wirke die Essigmutter durch die in ihr eingesogene Essigsäure, welch letztere selbst er für das eigentliche Ferment ansah, obwohl doch DÖBEREINER (1) schon im Jahre 1816 bemerkt hatte, daß der Essig durch Sieden zwar haltbar aber zugleich auch unfähig werde, die saure Gärung zu veranlassen. FR. J. OTTO (1) erklärte im Jahre 1840 in seinem Lehrbuche es für ungewiß, ob „mikroskopisch kleine Gebilde des Pflanzen- oder Tierlebens“ es seien, welche die Essigsäuregärung bewirken. Selbst C. TROMMER (1), der doch in seinem, lieferungsweise ausgegebenen und durch DELBRÜCK und SCHROHE (1) wieder hervorgeholten und neu gewürdigten Buche in dessen ersten Lieferung in einer wunderbar klaren Darstellung schon im Jahre 1856, also ein volles Jahr vor der Veröffentlichung (s. Bd. I, S. 17) der ersten Arbeit PASTEUR's, in betreff des Wesens und Wirkens der Hefe sich ganz auf dem Boden der vitalistischen Auffassung der Alkoholgärung im Sinne CAGNIARD's, SCHWANN's und KÜTZING's bewegt, hat weiterhin in betreff der Essiggärung noch unentschieden gelassen, ob auch diese „unter Mitwirkung gewisser organischer Wesen“ stattfinde.

So war es denn erst PASTEUR, welcher die Auffassung der Essigsäuregärung als Wirkung bestimmter Kleinlebewesen aufs neue behauptete und als zutreffend erwies. Die ihm dafür gebührende Anerkennung wird jedoch durch die Tatsache getrübt, daß er seinen einzigen wirklichen Vorgänger KÜTZING, dessen Arbeit er anführt und also wohl gekannt hat, in der Meinung des Lesers dadurch herabwürdigt, daß er ihn mit TURPIN (s. Bd. I, S. 15) auf eine Linie stellt und sagt, daß beide nichts Neues erbracht hätten. Davon ist nur das eine richtig, daß KÜTZING seinem Nachfolger die gröbere Beweisführung übrig gelassen hat, in der Schärfe der Beobachtung jedoch gegen ihn nicht zurückstand und in der Folgerichtigkeit des Schließens ihn, wie bald festgestellt werden wird, sogar übertraf. PASTEUR's Haltung in dieser Frage ist jedoch recht begreiflich: anstatt die weniger dankbare Rolle des Fortsetzers der von dem Botaniker KÜTZING vorgezeichneten Aufgabe zu übernehmen, wählte er, der ja Chemiker war, diejenige des Kämpfers gegen den damals angesehensten Fachgenossen in einer Ausgangsstellung, in welcher, dank gerade der Vorarbeit der von ihm so geringschätzig behandelten Botaniker, ein siegreicher Ausgang schon von Beginn an wahrscheinlich war. Gegen LIEBIG's Dogmatismus also

kehrte er das Rüstzeug seiner großen Geschicklichkeit in der Anstellung von Versuchen. Schon im Jahre 1862 zeigte PASTEUR (2), daß verdünnter Alkohol, den man bei Zutritt von Luft über reine (keimfreie) Holzspäne oder über eine Schnur langsam hinabtröpfeln läßt, keine Säuerung erfährt, und daß diese in der Essigbereitung durch Kleinlebewesen besorgt wird, welche er *Mycoderma aceti* (s. S. 543) nannte. Zwei Jahre später führte PASTEUR (4) den strengen Beweis und gab eine Beschreibung der Gestalt, der Entwicklungsgeschichte und der Lebensbedingungen dieses Gärerregers, von dem er wiederholt sagt, daß er „nach Art des Platinschwammes“ wirke. Er verwahrt sich sogar dagegen, daß man seine Darlegungen so verstehen könne, als ob er jenen Hautgebilden eine physiologische Wirkung habe zuschreiben wollen. Er hat also sich selbst noch nicht ganz von der rein chemischen Auffassungsweise losgemacht und ist noch gar nicht bis zur rein physiologischen Deutung vorgedrungen. Er steht noch auf dem Standpunkt THOMSON's (1), der schon im Jahre 1852 die Wirkungsweise der Essigmutter derjenigen des Platinschwammes für gleich gehalten hatte. LIEBIG (6) machte diese Halbheit sich alsbald zunutze und verfocht im Jahre 1870 aufs neue seine alte Lehre, der gegenüber dann PASTEUR (6) im Jahre 1872 seine Auffassung nochmals darlegte und nun schon vergleichsweise die Wirkungsart der Essigsäure-Bakterien als derjenigen der roten Blutkörperchen ähnlich erklärte. Es war nun so außer Zweifel, daß nicht jedes beliebige proteinhaltige Ferment wirkt und daß dieser Gärerreger aus anorganischen Nährstoffen gezüchtet werden kann.

Einen weiteren und nicht unwesentlichen Fortschritt verdankt man W. VON KNIERIEM und A. MAYER (1) insofern, als sie im Jahre 1873 feststellten, daß nur das Platinmohr sowohl verdünnten als auch hochgrädigen Alkohol oxydiert und daß seine Wirkungsgröße mit der Temperatur ansteigt, während hingegen der in Rede stehende Gärerreger in beiderlei Hinsicht an sehr enge Grenzen gebunden ist. Sie widerlegten auch STAHLSCHMIDT's (1) Behauptung, daß ozonisierte Luft den verdünnten Alkohol unmittelbar in Essigsäure umwandle, und zeigten weiterhin, daß man der *Mycoderma aceti* durch ein den Zusammenhang der Hautdecke schonendes Erhitzen die Fähigkeit zum Säuern dauernd nehmen kann. Sie faßten das Ergebnis ihrer Beobachtungen in dem Satze zusammen, daß die Essigsäuregärung eng mit dem Gesamtstoffwechsel des Gärerregers verknüpft, also ein physiologischer Vorgang und in ihrer Ursächlichkeit in jeder Hinsicht ein Gegenstück zur Alkoholgärung sei.

Die Frage nach der Natur der Essigsäuregärung war damit im Sinne KÜTZING's nun so gut wie entschieden. Zweifler gab es allerdings noch immer. Sechs Jahre nachdem E. CHR. HANSEN das Bestehen mindestens zweier Arten von Essigsäure-Bakterien bemerkt hatte, verhielt E. KLEIN (1) im Jahre 1884 in seinem Lehrbuche sich zuwartend und meinte, daß erst noch Versuche mit sicheren Reinzuchten anzustellen wären, bevor man endgültig aussprechen dürfe, welches die wahre Ursache der Essiggärung sei. Dieser Anregung verdanken wir die schönen Untersuchungen A. J. BROWN's (3), durch welche dieser Forscher auch zeigte, daß das durch ihn rein gezüchtete *Bact. aceti* weder Methylalkohol noch auch Erythrit angreift, welch beide durch Platinschwarz hingegen oxydiert werden.

Weniger scharf ist aber die weitere und feinere Frage beantwortet, die dahin geht, ob die Essigsäure als Ergebnis des Gesamtstoffwechsels

anzusehen, also in ihrer Entstehung auf die Tätigkeit der Zellen selbst angewiesen ist, oder aber durch einen einzelnen Zellbestandteil, das heißt durch ein Enzym, hervorgebracht wird, für das man den Namen Alkohol-Oxydase vorgeschlagen hat; davon wird auf S. 574 ausführlicher zu reden sein. Hier sei nur noch bemerkt, daß HOYER (1) festgestellt hat, daß die Säuerung auch in solcher Versuchsanstellung eintrat, in welcher eine zum Wachstum notwendige Nahrung nicht vorhanden war und eine Entwicklung (also Wachstum) der Aussaat nicht hat beobachtet werden können.

§ 123. Systematik der Essigsäure-Bakterien.

Die Pilzwucherungen, die auf der Oberfläche des Weines, Bieres und ähnlicher alkoholischer Flüssigkeiten bei deren Stehen an der Luft unter gewöhnlichen Verhältnissen auftreten, sind einer botanischen Betrachtung zuerst im Jahre 1822 durch PERSOON (1) gewürdigt und mit dem Namen *Mycoderma*, zu deutsch Schleimhaut oder Pilzhaut, belegt worden. Diese Gattungsbezeichnung übernahm DESMAZIÈRES (1), als er mit der rein morphologischen Betrachtung des Aufbaues solcher Decken beschäftigt war und entsprechend dem Fundorte zweierlei Arten, *Mycoderma vini* und *M. cerevisiae*, unterschied; die Zellen der zweiten Art beschrieb er als eiförmig und ca. 8 μ lang und hielt sie für Tierchen (*animalcula monadina*). In dem letzteren Punkte vermochte ihm schon sein Landsmann QUEVENNE (1) nicht beizustimmen, der im übrigen in seiner Abhandlung erkennen läßt, daß die Arbeit KÜTZING's (1) in Frankreich alsbald beachtet worden ist. Die von diesem deutschen Forscher untersuchten schleimigen Häute von der Oberfläche säuernden Bieres oder Weines, die schon seit langem den Namen Essigmutter trugen, erwiesen sich als aus viel kleineren Bestandteilen aufgebaut; es waren dies annähernd kugelige Zellen von 1,1—1,4 μ im Durchmesser, manchmal zu Ketten gereiht, welche nebeneinander gelagert und durch eine Schleimhülle zusammengehalten waren. Man ersieht daraus, daß KÜTZING die wesentlichen äußeren Merkmale der Essigsäure-Bakterien schon gesehen und festgelegt hat. In systematischer Hinsicht wies er, der ja hauptsächlich mit der Erforschung der Algen sich beschäftigte, die Essigmutter, bezw. die sie zusammensetzenden Wesen, unter dem neuen Namen *Ulvina aceti* dem Reiche der Algen zu, worüber man sich um so weniger wundern darf, als ja, wie er selbst betont, seine Fachgenossen AGARDH und BIASOLETTO vordem in ähnlichen Fällen gleich verfahren hatten. Diese Bezeichnungsweise hat übrigens keine weitergreifende Annahme gefunden, sondern man hielt an dem durch PERSOON und DESMAZIÈRES gegebenen Gattungsnamen noch durch lange Zeit hin fest. Wie vor ihm schon THOMSON (1) und andere getan hatten, so gebrauchte auch PASTEUR, welcher sich, nach F. COHN's (1) Urteil, mit „souveräner Willkür" über die Regeln der botanischen Nomenklatur hinwegsetzte, dann, wenn er Essigsäure-Bakterien meinte, die Bezeichnung *Mycoderma aceti*. Und noch im Jahre 1879 bediente sich E. CHR. HANSEN (1) in seiner ersten Arbeit über diese Gärerreger des Gattungsnamens *Mycoderma*, gab ihn jedoch auf ZOPF's Kritik hin dann auf.

Inzwischen hatte ja **der Begriff Mycoderma** eine größere Bestimmtheit erlangt. Ursprünglich war er, wie schon A. DE BARY (1) treffend bemerkt hat, nach der äußeren Erscheinung (also dem Aussehen) ge-

wählt worden. Spätere Forschung wurde dann bald dessen gewahr, daß diese Decken durch vielerlei Pilze zustandekommen können, die man zunächst und auf Grund der Gestalt der vorgefundenen Zellen den beiden Hauptgruppen der Schizomyceten und Eumyceten zuteilte, von
5 denen dann weiterhin nur noch die zweite für jenen Namen in Betracht kam. Innerhalb dieser sind es insbesondere viele Sproßpilze, bei denen man die Neigung zur Bildung einer Kahmhaut (s. Bd. IV, S. 15) sehr oft antrifft und die danach auch durch lange Zeit den Sammelnamen Kahmhefen geführt haben. BONORDEN (1) hatte, freilich ohne
10 Erfolg, für sie den Gattungsnamen *Hormiscium* vorgeschlagen. Eine erste Bemühung zur Zerlegung dieser Gruppe unternahm im Jahre 1870 M. REESS (1), jedoch noch nicht an Reinzuchten und also noch nicht mit zweifelsfreiem Ergebnis. Er stellte wohl die erste schärfere Begriffsbestimmung der Gattung *Saccharomyces* auf, reihte aber dieser auch,
15 unter dem neuen Namen *Sacch. Mycoderma*, als bloße Art die bisherige Gattung *Mycoderma* ein, weil auch er, so wie kurz zuvor schon J. DE SEYNES (1), bei ihr Sporenbildung (s. Bd. IV, S. 169) beobachtet zu haben glaubte, mit welcher Angabe er dann Zustimmung bei ENGEL (1) fand, hingegen Anzweifelung durch CIENKOWSKI (1) und BREFELD (1)
20 erfuhr. BEIJERINCK (1) gebrauchte noch im Jahre 1892 diese Bezeichnung in seiner Arbeit über die Ernährungsphysiologie der *Mycoderma*, und sie findet sich sogar noch sechs Jahre später bei HOYER (1). Im Jahre 1879 wies C. VON NÄGELI (1) auf die arge Verwirrung hin, die in der Benennung der auf gegorenen Flüssigkeiten auftretenden Decken
25 liege; er stellte eine neue Einteilung auf und gebrauchte in dieser für die Essigsäure-Bakterien die Bezeichnung *Mycoderma aceti* und *M. vini*, hingegen für die am Aufbau der kraus gefalteten Kahmhaut beteiligten Sproßpilze den neuen Namen *Sacch. mesentericus*. Bald danach wurden zuverlässige Reinzüchtungsverfahren geschaffen und mit diesem neuen
30 Hilfsmittel durch E. CHR. HANSEN und seine Schüler (s. Bd. IV, S. 2) die Gattung *Saccharomyces* auf gesicherte Grundlage gestellt und gegen die übrigen Sproßpilze abgegrenzt. Diese letzteren nun, welche also durch ihre Unfähigkeit zur Bildung von Ascosporen sich von der neuen Gattung *Saccharomyces* unterscheiden, können in mehrere Untergruppen
35 (Gattungen) gesondert werden. Die eine von diesen, nämlich die im Jahre 1910 durch A. GEIGER (1) aufgestellte Gattung *Pseudomonilia* (mit den vier Arten *Ps. albomarginata*, *Ps. rubescens*, *Ps. mesenterica*, *Ps. cartilaginosa)* vermittelt den Uebergang von den im Jahre 1911 durch VUILLEMIN (1) gegen einige nahestehende andere Gattungen schärfer
40 abgegrenzten Monilien (s. Bd. IV, S. 334) zu den Angehörigen der zweiten Untergruppe, nämlich den schon im 13. Kapitel des Vierten Bandes eingehend besprochenen und seitdem insbesondere durch WILL (1) und dessen Schüler J. DACHS (1), J. SCHECKENBACH (1) und O. SCHIMON (1) weiter durchforschten Torulaceen. Von diesen sowohl durch das
45 Unvermögen zur Erregung von Alkoholgärung, wie auch durch das starke Luftbedürfnis, durch die Gestalt, den Bau und die Art der Entwicklung der Zellen usw. verschieden ist die Untergruppe der Mycodermen. Ueber diese hat schon das 14. Kapitel des Vierten Bandes eine Reihe von Angaben gebracht, welche durch die vorstehenden Er-
50 örterungen, wie auch durch zugehörige andere Bemerkungen in den übrigen Teilen des vorliegenden Kapitels, nun einige vielleicht nicht unnütze Ergänzungen auch nach der bibliographischen Richtung hin erfahren. Weitere Einzelheiten geschichtlicher Art enthält H. LE-

BERLE's (1) Abhandlung. In einem Bericht über diese letztere hat dessen Lehrer H. WILL (2), dem wir ja die erste, im Jahre 1899 unternommene, schärfere Fassung des Begriffes Mycoderma verdanken, im Jahre 1910 eine neue Umgrenzung dieses Begriffes gezogen, eine (193 Arbeiten aufzählende) Zusammenstellung der Literatur über diese Sproßpilz-Gattung 5 geliefert, die durch LEBERLE beschriebenen vier Arten mit den Namen *Mycoderma valida*, *M. gallica* und *M. cerevisiae var. a, c* belegt und ihnen als fünfte seine gleichfalls genau untersuchte *M. decolorans* angereiht. PASTEUR (5) hatte den hautbildenden Sproßpilzen ganz allgemein die Fähigkeit zur Erregung von Essigsäuregärung abgesprochen. F. LAFAR (1) 10 hat jedoch zuerst eine Art aufgefunden, welche sehr kräftig säuert. Ihr sind später noch mehrere andere angereiht worden, so der *Saccharomyces acetaethylicus*, gewisse Arten aus der Gattung *Mycoderma* (s. Bd. IV, S. 311) und einige Arten aus dem Verwandtenkreise des ehemaligen *Saccharomyces anomalus*, der jetzt zur Gattung *Willia* geworden 15 ist (s. Bd. IV, S. 186), über welch letztere man auch die Darlegungen bei H. ZIKES (2) vergleiche, der aus Erdboden die neue Art *Willia Wichmanni* abgeschieden hat.

Und nun wenden wir uns den **Essigsäure-Bakterien** zu. Aus ihnen allein oder doch hauptsächlich ist gewöhnlich jede auf säuernden alkohol- 20 haltigen Flüssigkeiten entstehende Haut aufgebaut, welche bei der Prüfung mittelst des Mikroskopes nur Spaltpilze aufweist; denn die meisten anderen Bakterien-Arten sind durch die Beschaffenheit solcher Nährböden so gut wie ausgeschlossen. KÜTZING hatte sie, wie schon auf S. 543 dargelegt worden ist, zuerst erkannt und ziemlich gut beschrieben. 25 PASTEUR hat seines Vorgängers Beobachtung fast ausschließlich nach der physiologischen Richtung hin verfolgt und gegen SLACK's Deutung dieser Gärerreger als Bakterien sich ausgesprochen, als die sie dann durch W. VON KNIERIEM und AD. MAYER (1) im Jahre 1873 endgültig erklärt wurden. Diese beiden Forscher hatten, als die ersten, auch die durch 30 PASTEUR gar nicht in Betracht gezogene Möglichkeit des Bestehens verschiedener Arten von Essigsäure-Bakterien ins Auge gefaßt. Ihre Vermutung erhielt dann sieben Jahre darauf eine weitere Stütze durch E. WURM (1), welcher, je nach dem Anfangssäuregehalt des Nährbodens, dreierlei Arten von Hautbildungen durch Essigsäure-Bakterien 35 beobachtet hatte. Aber kurz zuvor, im Jahre 1879, war schon durch E. CHR. HANSEN (1 u. 2) über Untersuchungen betreffend die beim Stehen des Bieres auf dessen Oberfläche auftretenden Hautbildungen berichtet worden. Er hatte diese letzteren unter gewissen Umständen als aus Zooglöen von Essigsäure-Bakterien bestehend befunden und zweierlei 40 Arten unterscheiden können: die Verbände der Zellen der einen Art färbten sich auf Zusatz von Jodlösung immer nur gelb, die anderen hingegen blau. Er belegte die erstere Art mit der schon durch PASTEUR gebrauchten Bezeichnung *Mycoderma aceti* und die zweite zu Ehren jenes mit dem neuen Namen *M. Pasteurianum*. Durch eingehende mor- 45 phologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen zeigte HANSEN (7) dann im Jahre 1893, daß es sich wirklich um zwei verschiedene Arten handle, die er, in Abänderung des Gattungsnamens (s. S. 543), fürderhin *Bacterium aceti* und *Bact. Pasteurianum* nannte und denen er noch das *Bact. Kützingianum* anreihte. In der Zwischenzeit, 50 im Jahre 1886, hatte A. J. BROWN (1) zwei neue Arten aufgefunden, von denen die eine, das *Bact. xylinum*, durch die Mächtigkeit ihrer Schleimbildung und die andere, für die er den Namen *Bact. aceti* ge-

brauchte, durch die an ihr bemerkte Fähigkeit der Eigenbewegung sich auszeichnete und von HANSEN's gleichnamiger Art unterschied. Im Jahre 1889 züchtete W. PETERS (1) aus Sauerteig eine anscheinend neue Art heraus, die er als *Bact. C* bezeichnete. Im Jahre 1893 hatte
5 WERMISCHEFF (1) in Rotwein mehrere Arten von Essigsäure-Bakterien vorgefunden, unter ihnen eine dem *Bact. xylinum* wesensgleiche oder sehr ähnliche und eine zweite, welcher er jedoch keinen Namen gab. Dem ersten durch BROWN beschriebenen Vertreter aus der Schar der Essigsäure-Bakterien mit Eigenbewegung, welche vordem schon durch KNIERIEM
10 und MAYER (1) und W. ZOPF (1) bemerkt worden war, reihte A. ZEIDLER (2) im Jahre 1896 durch sein *Termobacterium aceti* einen Genossen an. Nachdem zuerst A. J. BROWN (1) und in anderer Richtung dann F. LAFAR (2) die Reihe jener Untersuchungen eröffnet hatten, welche die chemisch-physiologische Kennzeichnung und Unterscheidung der Essigsäure-
15 Bakterien sich zur Aufgabe stellten und hierin zunächst an W. SEIFERT (1) einen Fortsetzer fanden, fügte W. HENNEBERG (1) im Jahre 1897 den bis dahin genauer unterschiedenen und beschriebenen sechs Arten (das sind drei durch HANSEN, zwei durch BROWN und eine durch ZEIDLER) zwei neue an, nämlich *Bact. oxydans* und *Bact. acetosum*, denen er (2, 4, 7)
20 im nächsten Jahre noch drei, nämlich *Bact. acetigenum*, *Bact. industrium* und *Bact. ascendens*, und schließlich (13) im Jahre 1906 dann noch fünf hinzugesellte, nämlich *Bact. Schützenbachi*, *Bact. curvum*, *Bact. orleanense*, *Bact. xylinoides* und *Bact. vini acetati*. Inzwischen hatte FR. ROTHENBACH (25) aus verschiedenen Proben von Weinessig neun
25 Arten von Essigsäure-Bakterien abgeschieden, sie jedoch nicht benannt und auch nicht eingehend gekennzeichnet. Im Jahre 1905 hat FUHRMANN (1) eine aus Wein stammende und als *Acetobacter plicatum* bezeichnete neue Art beschrieben. Ebenfalls aus Wein hat PEROLD (1) elf angeblich verschiedene Arten herausgezüchtet, die er zwar nicht
30 benannt und in chemisch-physiologischer Hinsicht auch nicht ausführlich genug gekennzeichnet, wohl aber durch gute Mikrophotographien veranschaulicht hat.

Die Fähigkeit zur **Deckenbildung** ist sowohl von wissenschaftlicher als auch von praktischer Bedeutsamkeit. In ersterer Hinsicht ist sie
35 ein Beispiel der auf S. 51 u. 99 des Ersten Bandes vom allgemein morphologischen Standpunkte aus betrachteten Zooglöenbildung. Durch die Verquellung und Verschleimung der äußersten Schichte der Zellhaut werden die einzelnen Zellen zu haltbaren Ketten und Kettenbündeln verklebt, welche in ihrer Gesamtheit eben dann die Decke
40 ausmachen. Nach der Mächtigkeit der Schleimbildung kann man die Essigsäure-Bakterien in drei Gruppen sondern. In üppigster Entfaltung tritt sie bei dem *Bact. xylinum* und einigen ihm in dieser Hinsicht nahe kommenden anderen Arten auf; man könnte sie zur Gruppe der Schleimessig-Bakterien vereinen. Das Gegenstück zu diesen sind jene Arten,
45 denen die Fähigkeit zur Verschleimung so gut wie ganz fehlt; es sind dies die Schnellessig-Bakterien. Die dritte Gruppe schließlich nimmt eine vermittelnde Stellung insoferne ein, als bei den ihr zuzuzählenden Arten die Verschleimung nicht mehr bis zur Bildung ledrig-dicker Lappen und Klumpen, wohl aber zur Entstehung einer zusammenhängen-
50 den und auf der Oberfläche der (notwendig in Ruhe belassenen) Nährlösung schwimmenden Decke führt; dieser Gruppe gehören jene Arten an, welche im Orléans-Verfahren (in dessen weitesten Sinne) tätig sind und also Weinessig und Bieressig liefern. Diese Abgrenzung hat in

ihrer vollen Schärfe bloß ideellen Wert; Arten, welche den Uebergang zwischen den drei Gruppen vermitteln, gibt es genug, ihre Zuteilung zu einer von ihnen ist also nicht frei von Willkür. Im Orléans-Verfahren, das ja bestrebt sein muß, einen klaren, blanken Essig zu erzeugen, wünscht man nur solche Arten tätig zu sehen, welche sich ausschließ- 5 lich an der Oberfläche der säuernden Flüssigkeit zu einer zusammenhängenden Hautdecke entwickeln und also jene unter sich klar lassen. Es gibt jedoch Arten, welche eine sehr schwache Decke bilden, dafür aber im Innern der durch sie dauernd getrübten Flüssigkeit sich stark vermehren. Inwieweit auf dieses Verhalten die Empfindlichkeit gegen 10 den Luftsauerstoff, d. h. dessen Menge oder Spannung, mitspielt, bleibt noch zu untersuchen. Die Schleimbildung und Deckenbildung überhaupt und die Stärke ihrer Ausbildung insbesondere ist kein unveränderliches Merkmal für die Artenabgrenzung, sondern von den Lebensbedingungen abhängig, also zunächst von der Beschaffenheit des Nährbodens. So tritt 15 sie z. B. bei Bieressig- und Weinessig-Bakterien auf alkoholhaltigem Hefenwasser gewöhnlich viel schwächlicher ein als auf Bier oder Wein. Bei manchen Arten (*B. xylinum* und Verwandte) gibt die Schleimhülle die Cellulose-Reaktion, bei anderen (*B. Pasteurianum*, *B. Kützingianum* u. a.) wird sie, ähnlich wie das Amylum, durch Jodlösung (in 20 Alkohol oder Jodkalium) schön blau gefärbt. Arten mit diesem letzteren Verhalten sind zufolge BEIJERINCK (4), dem ich auf Grund eigener vielfältiger Erfahrung zustimmen kann, recht häufig anzutreffen. Es bläut sich jedoch in der Regel nur der Schleim junger, vermehrungsfreudiger Zellen, die auf günstigem Nährboden herangewachsen sind; solche aus 25 alkoholfreiem Hefenwasser reagieren nicht. In einem derart gefärbten mikroskopischen Präparate kann man durch genügend scharfes Drücken und seitliches Schieben des Deckglases die an und für sich durch das Jod schwach gelb gefärbten Zellen selbst aus dem sie umhüllenden rein blauen Schleime herausquetschen. Bei anderen Arten wird die Schleim- 30 hülle durch Jod mehr oder weniger stark gelb gefärbt.

Die schleimigen Hautbildungen der Essigsäure-Bakterien überhaupt und diejenigen des *Bact. xylinum* insbesondere tragen in der Volkssprache seit langem den Namen Essigmutter, der jedoch früher auch anderen Trägern von Essigsäure-Bakterien (so z. B. dem Sauerteig) bei- 35 gelegt wurde und also nicht immer eindeutig war.

Die **Gestalt** der **Kolonien** auf festen Nährböden, die ja für die bakteriologische Analyse im allgemeinen ein wertvolles Merkmal zur Trennung der Arten voneinander abgibt, ist bei den Essigsäure-Bakterien genauer zuerst durch E. CHR. HANSEN (3) geprüft worden; sie erwies 40 sich als sehr stark beeinflußt durch die Art und Dauer der Züchtung. Die aus vielzelliger Aussaat hervorgegangenen Kolonien des *Bact. aceti* auf Würzegelatine unterscheiden sich durch ihre Sterngestalt von jenen des *Bact. Kützingianum* und des *Bact. Pasteurianum*, welche ganzrandig sind und bei der letztgenannten Art Fältelung aufweisen; keine von 45 ihnen verflüssigt die Gelatine. Letzteres gilt zufolge A. J. BROWN (1) auch von dessen *Bact. xylinum*. Hingegen vermag dies das *Termobacterium aceti* zufolge ZEIDLER (2). Ueber die Entwicklungsweise, das Aussehen und den inneren Bau der Riesenkolonien (s. Bd. I, S. 573) hat zuerst PEROLD (1) an seinen Arten vergleichende Untersuchungen 50 angestellt.

Die **Wandelbarkeit** der **Zellgestalt** ist gerade bei vielen Arten von Essigsäure-Bakterien sehr groß und in ihrer Abhängigkeit von der

Temperatur eingehend durch E. CHR. HANSEN (3) vornehmlich an *Bact. Pasteurianum* dargelegt worden. Auf extraktreichem Doppelbier bei 5—34° C binnen einem Tage herangewachsene kräftige Zuchten bestehen fast ausschließlich aus Ketten von Kurzstäbchen. Diese er- 5 leiden, wenn man sie hierauf bei 40—40,5° C hält, eine schon nach wenigen Stunden bemerkbare Umbildung (s. *Fig. 27*) zu Langstäbchen und weiterhin zu Langfäden, welche, bei fast unveränderter Breite, bis zu 200 μ in der Länge erreichen können und nach 24 Stunden fast allein vorhanden sind. In die Temperatur von 34° zurückversetzt, gehen 10 diese dann binnen wenigen Stunden abermals Umwandlungen ein; an

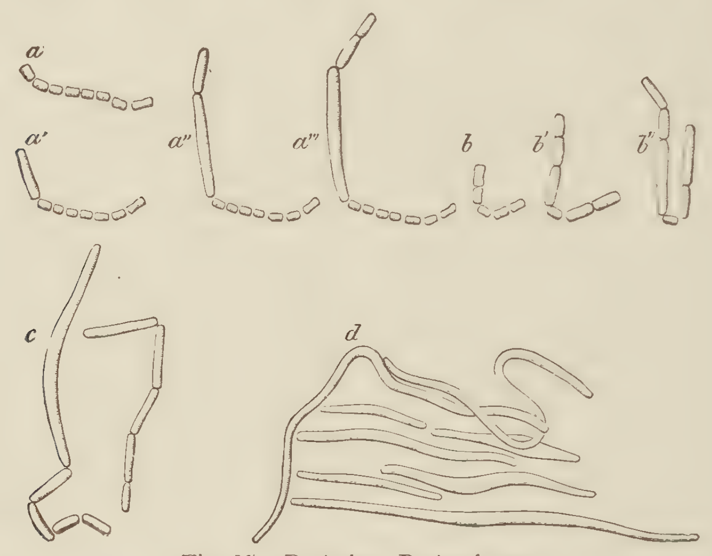


Fig. 27. Bacterium Pasteurianum.
Umbildung von Kurzstäbchen zu Langfäden. Zucht auf Doppelbier-Agar in der Böttcherschen Kammer, bei ungefähr 40,5° C. *a*, Kette von 8 Kurzstäbchen; *a'—a'''*, dieselbe nach 6 bzw. 10 u. 20 Stunden. *b*, Kette von 5 Kurzstäbchen; *b'—b''*, dieselbe nach 5 bzw. 9 Stunden; *c* und *d*, nach 10 bzw. 21 Stunden. — Vergr. 1000. Nach HANSEN.

einigen Stellen treten spindelähnliche, bis 10 μ weite Ausbauchungen auf, und an anderen Stellen kommt es zu einem Zerfall in Teilstücke, so daß binnen 24 Stunden jeder Langfaden schließlich wieder zur Kette von Kurzstäbchen geworden und also zur Ausgangsgestalt zurück- 15 gekehrt ist. Nur der stärkst entwickelte Teil der Ausbauchungen bleibt von dieser Rückbildung ausgeschlossen, wird abgegliedert, verquillt und verschwindet. *Bact. aceti* und *B. Kützingianum* verhalten sich zufolge HANSEN im wesentlichen ebenso, auch darin, daß die Verwendung eines sehr guten Nährbodens, wie Doppelbier, erforderlich ist; schon auf 20 Lagerbier verläuft die Entwicklung etwas anders. Wir haben also hier eigentlich ein Beispiel der vereinten Einflüsse des Zellalters, der Temperatur und der Art der Ernährung. ZEIDLER (2) hat an seinem *Termobacterium aceti* und SEIFERT (1) an einem Weinessig-Bakterium aus dem Verwandtenkreise des *B. aceti* die Beobachtungen HANSEN's bestätigt.

25 Für **Involutionsformen** im Sinne der allgemeinen Darlegungen in § 11 des Ersten Bandes darf man, wie schon auf dessen S. 39 betont worden ist, die eben beschriebenen Wuchsgestalten nicht halten; denn

sie sind entwicklungsfähig und also keinesfalls krankhafte, dem Absterben nahe Gebilde. Hingegen treten echte Involutionsformen dann auf, wenn ungünstige Einflüsse sich geltend machen, wie z. B. ein von Anfang an zu hoher oder durch die Gärung hoch angestiegener Säuregehalt des Nährbodens, so daß sie also in alten Zuchten meist sehr 5 reichlich, und zwar als mannigfaltig gestaltete (wurstähnliche oder blasige) Riesenzellen anzutreffen sind, die eine Länge oder Dicke von 10 μ und mehr erreichen können. E. Chr. Hansen hat sie zuerst untersucht. Fr. Lafar (2) hat dann gezeigt, daß sie, allerdings in geringer Anzahl, bei *Bact. aceti* und *B. Pasteurianum* schon zu einer Zeit 10 nachzuweisen sind, zu welcher der Nährboden noch reich an Nährstoffen und noch arm an schädigenden Stoffwechselprodukten ist. Perold (1) hat diese Feststellung an seinen aus Wein stammenden Arten bestätigen können: er will die Gestalt der Involutionsformen sogar für die Kennzeichnung der Arten heranziehen. Henneberg (2) zeigte dann, und 15 zwar zuerst an *Bact. oxydans*, *B. acetosum* und *B. acetigenum*, daß die Bildung der Involutionsformen durch Zusatz übergroßer Mengen von Alkohol und Salzen, wie Kochsalz (s. S. 590), hervorgerufen werden könne. Hoyer (1) hat diese Beobachtung bestätigt und auf einige Säuren ausgedehnt, so z. B. die Aepfelsäure (bis 0,7 Proz.), die Weinsäure (bis 20 1,1 Proz.), die Salzsäure (bis 0,1 Proz.). Zufolge Henneberg treten die Involutionsformen reichlich in Zuchten in Hefenwasser auf, insbesondere bei *Bact. ascendens*; selten sind sie bei *B. industrium* zu finden. Zur Bildung von Verzweigungen, als einer besonderen Ausbildungsweise der Involutionsformen, kommt es zufolge Hansen's (3) Beobachtungen an 25 dessen drei Arten selten. Henneberg sah solche bei *Bact. oxydans* und anderen Arten.

Ein Merkmal ist allen bisher bekannten echten Essigsäure-Bakterien gemeinsam, das ist die Unfähigkeit zur Bildung von Endosporen, worüber man auch Hansen (4) vergleiche. Sie würden demnach in dem 30 durch Lehmann und Neumann gegebenen allgemeinen Bakterien-System (s. Bd. I, S. 147) alle den Gattungsnamen *Bacterium* tragen. A. de Bary (2) hatte noch im Jahre 1887 auf Grund seiner (niemals erwiesenen) Annahme des später durch Hansen (4) vergeblich gesuchten Vorkommens von Arthrosporen (s. Bd. I, S. 123 u. 141) die durch ihn beschriebene 35 (in Kurzstäbchen auftretende) Art unter den von ihm wohl als gleich berechtigt erachteten Namen *Micrococcus aceti*, *Bacterium aceti* und *Arthrobacterium aceti* aufgeführt.

Das Vorkommen von **Eigenbewegung**, die bisher außer an Zopf's und an Brown's *Bact. aceti* und an Zeidler's *Termobacterium aceti* noch 40 an Henneberg's *Bact. oxydans*, *B. acetigenum* und *B. industrium*, an Beijerinck's *Bact. aceti var. agile* und an Hoyer's *Bact. pasteurianum var. agile* nachgewiesen worden ist, würde jedoch diesen Arten eine Sonderstellung sichern, welche auch auf einem morphologischen Merkmal beruht, das nicht, wie Beijerinck (4) tat, darum geringschätzig 45 beurteilt werden soll, weil es ab und zu unter ungünstigen Ernährungsverhältnissen nicht entwickelt oder nicht erkennbar ist. Die Unerläßlichkeit der Anwesenheit freien Sauerstoffes als eines Reizmittels für die Auslösung der Bewegung (s. Bd. I, S. 478) ist durch Henneberg insbesondere am *B. acetigenum* beobachtet worden. Je nach der Art der 50 Ausbildung der Begeißelung würden im Sinne Migula's (s. Bd. I, S. 145) noch die Gattungsnamen *Pseudomonas* und *Bacillus* in das System der Essigsäure-Bakterien einzuführen sein. Die Gattungsnamen *Termobacterium*

und *Acetobacter* müßten danach freilich entfallen. In seinem Versuch zur Aufstellung eines natürlichen Bakteriensystems hat O. JENSEN (1) sowohl die Gliederung als auch die Namensgebung vornehmlich auf physiologische Eigenschaften (vergl. Bd. I, S. 149) gegründet und die 5 Essigsäure-Bakterien zu der neuen Gattung *Acetimonas* zusammengefaßt.

Das Bedürfnis nach einer **Systematik** der Essigsäure-Bakterien ist allein schon angesichts der großen Schar der bisher beschriebenen Arten begreiflich. E. CHR. HANSEN (3) hat im Jahre 1893 den ersten Versuch zu einer Einteilung gemacht. BEIJERINCK (4) und dessen Schüler HOYER (1) 10 setzten ihr im Jahre 1898 eine andere entgegen. Diese aber fand wieder bei HANSEN (4) im Jahre 1900 eine ablehnende Beurteilung. Auch ROTHENBACH (1 u. 25) hatte im Jahre 1898 ihr nicht vollen Beifall zu zollen vermocht und im Jahre 1907 an deren statt eine Zusammenstellung der bis dahin beschriebenen Arten auf Grund des natürlichen 15 Vorkommens zu sechs Untergruppen vorgeschlagen, nämlich den Schnellessig-Bakterien, den technischen Weinessig-Bakterien, den technischen Bieressig-Bakterien, den essigsäurebildenden Maische- und Würzebakterien, den Arten, welche mit Ammoniak als Stickstoffquelle allein sich begnügen, und den Krankheits-Essigbakterien. HENNEBERG (17) schließlich be- 20 schränkte sich im Jahre 1909 auf vier Gruppen, nämlich Maische- und Würze-Bakterien, Bieressig-Bakterien, Weinessig-Bakterien und Schnellessig-Bakterien. Diese Einteilung kann eine vielleicht verbessernde Abänderung dadurch erfahren, daß man das durch starke Zooglöenbildung ausgezeichnete *B. xylinum* und die ihm darin verwandten Arten 25 zur neuen Gruppe der Schleimessig-Bakterien vereint und dafür die Gruppe der Maische- und Würze-Bakterien auflöst, deren Angehörige man der Gruppe der Bieressig-Bakterien anfügen kann. Für die in dem vorliegenden Kapitel zu gebende Darstellung ist eine Gliederung der Arten in bloß drei Gruppen gewählt worden: die erste (S. 551) um- 30 faßt die Bieressig- und Weinessig-Bakterien, die zweite (S. 559) die Schnellessig-Bakterien und die dritte (S. 562) die Schleimessig-Bakterien. Abbildungen sollen nur von den drei Arten HANSEN's gegeben werden. Eine reiche Anzahl solcher, und zwar meist Mikrophotographien, findet man bei HENNEBERG (13 u. 17), PEROLD (1) und ROTHENBACH (25).

35 Die Frage nach der **Variation** kann in einer Darlegung der Systematik der Essigsäure-Bakterien schon aus wissenschaftlichen Gründen nicht umgangen werden. Es kommt ihr aber auch noch hohe praktische Bedeutung insoweit zu, als es sich um die im deutschen Verfahren tätigen Arten handelt, welche ja, wie schon zuvor gesagt, durch geringe 40 Ausbildung der Fähigkeit zur Deckenbildung und durch ihre Genügsamkeit in betreff organischer Nährstoffe so stark von jenen Arten sich unterscheiden, die im Orléans-Verfahren die Säuerung besorgen. Jenes erstere Verfahren ist ja noch nicht hundert Jahre alt. Es wurde unter Voraussetzungen ausgearbeitet, welche der Auffassung der Essigsäure- 45 gärung als Lebensäußerung geradezu widersprechen und also der Schaffung der äußeren Bedingungen zu solcher zum mindesten nicht günstig waren. Das bis dahin (im Orléans-Verfahren) tätige sogen. Ferment, nämlich die Hautdecke, würde ja durch seine Wucherung die für den Durchgang der eingeführten Luft notwendigen Wege zwischen den Holz- 50 spänen des Bildners bald verengt und schließlich ganz verlegt haben. So sehen wir denn auch, daß die Erfinder für die auf dem Wege der Erfahrung als nötig erkannte Einsäuerung eines in Betrieb zu setzenden frischen Bildners die Verwendung eines klaren Essigs vorschreiben, der

also gewiß keine Zooglöen kräftiger Hautbildner enthielt, wohl aber vereinzelte Zellen von Essigsäure-Bakterien. Nach allgemeiner Annahme sollen nun diese in den neuen Verhältnissen ihre Fähigkeit zur Hautbildung bald verloren haben und zu genügsamen Schnellessig-Bakterien geworden sein. Von den diese Umwandlung bewirkenden Einflüssen ist einer bisher nicht gebührend bewertet worden, und das ist die Temperatur. Die auf S. 607 in ihren Haupttatsachen darzulegende Geschichte der Entwicklung des Schnellessig-Verfahrens zeigt, daß man nach und nach zu immer wärmerer Führung des Bildners übergegangen ist und ihn jetzt bei einer Temperatur arbeiten läßt, welche derjenigen im Orléans-Verfahren um viele Grade überlegen ist. Daß die Erhöhung der Temperatur aber ein wichtiger Faktor bei der Umbildung ist, haben HANSEN's Untersuchungen über die Variation bei den Saccharomyceten (s. Bd. IV, S. 162) dargetan. Es bleibt auch noch zu untersuchen, ob diese Umwandlung als Transformation oder als Spaltung (s. Bd. I, S. 367) zu deuten ist und ob sie im allgemeinen als wirklich feste Variation gelten darf. Eine mehr oder minder große Einbuße an der Fähigkeit zur Bildung von Hautdecken oder Ketten-Verbänden hat HANSEN (4) an mehreren Arten bei langem Stehen ihrer Zuchten in Bier bemerkt. Die durch WERMISCHEFF (1) geäußerte Meinung, daß man jene Fähigkeit durch lange andauerndes Schütteln der Zuchten beseitigen könne, hat in HANSEN's (3) Versuchen keine Bestätigung gefunden. Flüchtige Variationen (s. Bd. IV, S. 156) hingegen gibt es gerade im Bereich der Essigsäure-Bakterien sehr viele. Als eine solche hat das manchmal zu bemerkende und nicht zu erklärende Ausbleiben der Bläuung bei den mit Jod im allgemeinen reagierenden Arten zu gelten. BEIJERINCK (4) und HOYER (1) behaupteten, daß sie dauernden Verlust dieser Fähigkeit, also eine echte Variation, durch geeignete Züchtung erzielt hätten; HANSEN (4) hingegen hat durch eine an seinen eigenen Arten vorgenommene Nachprüfung dies nicht bestätigen können. Daß es auch an Mutationen (s. Bd. IV, S. 164) nicht mangelt, wird man zugeben dürfen.

§ 124. Die Bieressig- und Weinessig-Bakterien.

Bacterium aceti E. CHR. HANSEN ist durch diesen Forscher (1—4) aus Bier abgeschieden worden. Die auf Doppelbier (wie auch auf Lagerbier oder Würze) bei 25—34° C herangewachsene junge Hautdecke (s. *Fig. 28*) ist schleimig und glatt und wird durch Jod tiefgelb gefärbt. Sie ist aus Ketten aufgebaut, deren fast ausschließlich kurze Glieder infolge der sich lebhaft vollziehenden Vermehrung meist die Gestalt eines Stundenglases (oder der Ziffer 8 nach PASTEUR's Ausdruck) aufweisen. Die Flüssigkeit unter der Decke bleibt klar. Die Kolonien auf Würzegelatine (s. S. 547) bestehen hauptsächlich aus freien Stäbchen; die Kettenverbände sind spärlich. Ueber die Gestaltwandlung und die Involutionsformen vergl. man S. 549. Für das Wachstum auf Doppelbier sind 4—5° C die niederste, 42° C die höchste und 34° C die günstigste Temperatur und 11 Vol.-Proz. die höchste erträgliche Gabe an Alkohol. Die größte bisher beobachtete Menge Essigsäure war 6,6 Proz. zufolge HENNEBERG (17). Diese Art findet sich allgemein in unter- und obergärigen Bieren vor.

Bacterium aceti nannte A. J. BROWN (1) ein von HANSEN's gleichnamiger Art verschiedenes Essigsäure-Bakterium, welches er im Jahre

1886 aus einer auf sauer gewordenem englischen Biere entstandenen Decke abgeschieden hatte. Diese Art entwickelt sich auf alkoholhaltigem Hefenwasser zu einer graulichen Decke, die im Jugendzustande an der Wand des Zuchtgefäßes emporsteigt. Auf einer mit Dextrose versetzten 5 Mineralsalz-Nährlösung nach PASTEUR entsteht eine äußerst zarte, auf verdünntem Claret-Weine eine papierdicke Hautdecke, unterhalb welcher die Flüssigkeit gewöhnlich trüb wird. Die Zellen sind Kurzstäbchen von 2 μ Länge, in der Mitte etwas eingeschnürt, zu Ketten vereint. Involutionsformen, 10—15 μ lang und geschwollen, treten reichlich inner- 10 halb und am Grunde der Flüssigkeit auf; Jodlösung färbt sie gelb. Eigenbewegung ist beobachtet worden. Bei Luftabschluß aufbewahrt, erhielten sich die Zellen durch mehr als sechs Monate entwicklungsfähig. Je eine angebliche Varietät sowohl von dieser als auch von HANSEN's gleichnamiger Art hat TAKAHASHI (4) aus Tanezu (s. S. 617) 15 abgeschieden.

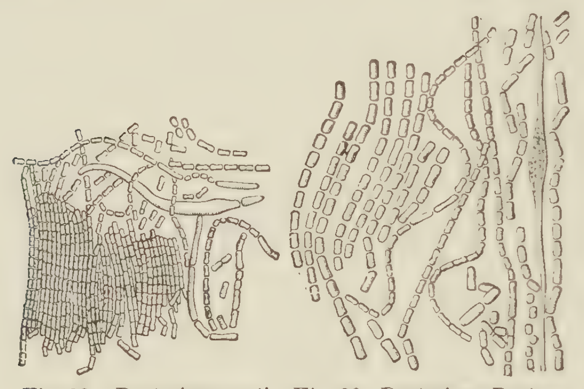
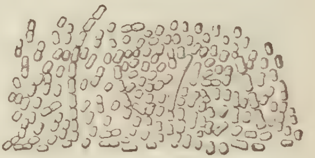



Fig. 28. Bacterium aceti. *Fig. 29. Bacterium Pasteurianum.* *Fig. 30. Bacterium Kützingianum.*

Zellen junger, bei 34° herangewachsener Häute auf Doppelbier. — Vergr. 1000. Nach HANSEN.

Bacterium aceti var. albuminosum, später *B. albuminosum* kurzweg, nannte P. LINDNER (3 u. 6) eine im Jahre 1890 durch ihn aus Breslauer Kretschmer-Bier abgeschiedene und durch ZEIDLER (1) näher untersuchte Art, welche ihren Namen nach der an Hühnereiweiß (Albumin) erinnern- 20 den zähflüssigen Beschaffenheit der Schleimbildungen erhalten hat, die sie in Bier hervorbringt. In ihrer (nur wenig untersuchten) Morphologie und im Verhalten gegen Jodlösung (Gelbfärbung) steht sie HANSEN's *Bact. aceti* nahe. In Würze und noch reichlicher in Bier brachte sie, je nach der Temperatur, einen dicken, schichtenweise abgelagerten 25 Bodensatz oder aber Verschleimung oder Trübung zustande. Die günstigste Temperatur für die Säuerung in Bier schien ca. 20° C zu sein.

Bacterium aceti var. friabile, später *B. friabile* kurzweg, nannte P. LINDNER (3 u. 6) eine durch A. ZEIDLER (1) im Jahre 1890 aus einem trüben Berliner Biere abgeschiedene, jedoch nicht genau genug unter- 30 suchte Art, welche zwar, wie schon die erst angeführte Bezeichnung sagt, dem *Bact. aceti* HANSEN, insbesondere morphologisch, nahesteht, jedoch sicher davon verschieden ist. In Bier rief sie Trübung (Schleierbildung), jedoch nicht auch Verschleimung, wohl aber Säuerung hervor, welch letztere bei ca. 20° C am reichlichsten ausfiel.

Bact. Pasteurianum E. CHR. HANSEN (1—4) ist zuerst aus dänischem untergärigen Bier abgeschieden worden. Seine auf Doppelbier, Würze oder Lagerbier bei 25—34° entstandene Hautbildung ist trocken und wird bald runzelig und faltig. Sie besteht (s. *Fig. 29*) aus langen Ketten, deren Glieder größer und gedrungener sind als die bei *B. aceti* H., von welchem diese Art sich durch die auf Jod-Zusatz eintretende Bläuung (s. S. 547) wie auch noch dadurch unterscheidet, daß ihre Kolonien (s. S. 547) hauptsächlich aus Ketten zusammengesetzt sind und daß 5—6° als die niedrigste Temperatur für das Wachstum und für die Säuerung ermittelt wurde. Jene drei Nährlösungen läßt sie dauernd klar. Ueber die Gestaltwandlungen und die Involutionsformen vergl. man S. 548. Die höchste, das Wachstum noch zulassende Alkohol-Menge gibt HENNEBERG (17), welcher diese Art auch in deutschen obergärigen Bieren aufgefunden hat, zu 9.5 Proz. und die größte beobachtete Essigsäure-Bildung zu 6.2 Proz. an. Sie kommt in obergärigen Brauereien häufiger als in untergärigen vor und wurde auch in stichigem Weine durch W. SEIFERT (1) angetroffen, welch letzterer, bei Verwendung von Hefenwasser als Nährboden, die chemische Wirkungsweise dieser Art auf eine Reihe von Alkoholen, Zuckerarten und Säuren geprüft hat.

Bact. pasteurianum var. colorium nannte BEIJERINCK (4) eine Abart, welche nur in der Flüssigkeit sich entwickelt, also keine Decke bildet. Nach HOYER (1) kommt sie selten vor, und zwar im Bodensatz obergärigen Flaschenbieres. Auf festem Nährboden herangezüchtet, zeigt nur eine Minderheit der Kolonien die Bläuung durch Jodlösung.

Eine durch HOYER (1) als *Bact. pasteurianum var. variabile* bezeichnete Art aus obergärigem Biere scheint dem *Bact. Kützingianum* nicht bloß auf Grund des gleichen Verhaltens gegen Jodlösung sondern auch durch den Mangel des Verbandes der Zellen nahezustehen. Eine andere Art, das *Bact. pasteurianum var. agile,* soll, wie schon der Name besagt, sich von ersterer durch die Schwärmfähigkeit unterscheiden. Die Zellen einer durch HOYER (1) als *Bact. pasteurianum* kurzweg bezeichneten Art, welche jedoch mit derjenigen HANSEN's nicht übereinstimmt, starben, auf Fließpapier angetrocknet, bei 99° C binnen 5 Minuten ab, ertrugen jedoch, freilich unter merklicher Schwächung, die Einwirkung einer Temperatur von 84° C durch 15 Minuten. In entgeistetem Biere erhitzt, starben sie ab: bei 65° binnen 1 Minute, bei 60° binnen 3, bei 55° binnen 15, bei 50° binnen 75 Minuten, bei 45° nach mehr als 5 und weniger als 14 Stunden.

Bacterium Kützingianum E. CHR. HANSEN (3 u. 4) ist aus Doppelbier abgeschieden worden und in vieler Hinsicht dem *Bact. Pasteurianum* ähnlich, so auch in der Bläuung durch Jod. Es unterscheidet sich jedoch von diesem schon äußerlich dadurch, daß seine Hautbildungen über die Oberfläche der Nährlösungen hinaus an der Innenwand des Zuchtgefäßes sich hoch emporheben und daß sie, ebenso wie die Kolonien (s. S. 547) auf Würzegelatine, hauptsächlich aus freien oder bloß paarig verbundenen Kurzstäbchen (s. *Fig. 30*) bestehen und längere Ketten nur spärlich aufweisen. Die niedrigste Temperatur für das Wachstum in Doppelbier liegt bei 6—7°, die höchste bei ca. 42° C. Eine bei 34° C sich entwickelnde Zucht auf Bier läßt dieses ganz klar; sie wird jedoch bald trübe, wenn man sie in gewöhnliche Zimmertemperatur überträgt. Ueber die Gestaltwandlung und die Involutionsformen vergleiche man S. 548 u. 549. Die chemische Wirkung dieser Art ist, ebenso wie die des *Bact. Pasteurianum,* zuerst durch W. SEIFERT (1) geprüft worden.

Henneberg (17) hat deren Vorkommen auch in deutschen obergärigen Bieren beobachtet und 9,5 Vol.-Proz. Alkohol als höchste, das Wachstum noch nicht hindernde Gabe und 6,6 Proz. Essigsäure als höchstes Erträgnis festgestellt.

Ein durch W. Seifert (1) aus stichigem Wein abgeschiedenes Essigsäure-Bakterium kommt in Hinsicht auf die Aehnlichkeit im äußeren Verhalten und im inneren Aufbau seiner Hautbildungen dem *Bact. Kützingianum* nahe, von dem es sich jedoch durch den Mangel der Jod-Reaktion wie auch dadurch unterscheidet, daß es die Nährlösung (Lagerbier) schon von Anfang an trübt. Fünf Varietäten (*α, β, γ, δ, η*) des *Bact. Kützingianum* hat Takahashi (3) aus sauer gewordenem Saké (s. S. 622) abgeschieden und beschrieben.

Termobacterium aceti hat A. Zeidler (2) im Jahre 1896 eine aus einem Flaschenbier-Bodensatz abgeschiedene Art benannt, die er zu Anfang den Termobakterien (s. S. 211) zuzuzählen geneigt war. Dank einer durch Zeidler (4) abgebildeten langen Geißel zeigt die Zelle lebhafte Eigenbewegung, welche, demselben Forscher (3) zufolge, insbesondere durch das Ansteigen des Säuregehaltes (bis ca. 35 ccm Normalsäure auf 100) gelähmt wird, bei dessen Sinken jedoch wiederkehrt, unter gewissen Züchtungsbedingungen aber ganz verloren geht. Von den (selten zu Ketten verbundenen) Kurzstäbchen, die sich aus der Einimpfung zunächst entwickeln, gehen sehr viele bald in Involutionsformen über. Diese Art entwickelt sich gut auf Biergelatine, spärlich auf Würze- oder Fleischsaft-Gelatine, gar nicht auf Kartoffeln. In gehopfter Bierwürze tritt, von der (höchstens mit Hautinselchen sich bedeckenden) Oberfläche ausgehend, allmählich Trübung und gelbbraune Verfärbung ein. In Bier setzt die Entwicklung merklich später ein und bringt es auch hier nicht bis zu einer vollständig geschlossenen Decke. Noch länger (bis zu einer Woche) dauert es bei Zuchten in Rotwein. Als minder tauglich erwiesen sich Hefenwasser, Peptonlösung oder mineralische Nährlösung. Wachstum trat auf Bier oder Würze einerseits noch bei 33° C und anderseits noch bei 5—6° C binnen 8—30 Tagen ein, jedoch nicht mehr bei 1—2° C. In Würze erhitzt, sterben die Zellen bei 50—55° C, in Bier schon bei 45—50° C ab. Die Säuerung verläuft im allgemeinen träger als bei anderen Arten und am besten bei 25° C; sie betraf nur Aethylalkohol, Glucose, Propylalkohol und Glycol. Mehr als 9 Proz. Alkohol werden nicht vertragen und mehr als 6 Proz. Essigsäure wurden nicht beobachtet. Zeidler (3) hielt diese Art für wesensgleich mit dem ein Jahr später entdeckten *Bact. oxydans*. Deren Verschiedenheit, insbesondere in physiologischer Hinsicht, wurde jedoch außer Zweifel gestellt. Sowohl die starke Trübung des Nährbodens wie auch die geringe Säuerungskraft machen auch diese Art für die Essigbereitung untauglich.

Bacterium rancens nannte Beijerinck (4) eine Art, welche er als den Hauptvertreter jener Bieressig-Bakterien (s. S. 550) erklärte, deren Hautbildungen durch Jodlösung keine Bläuung erfahren. Sie, wie auch ihre Varietäten im Sinne jenes Forschers, sollen gegenüber dessen *Bact. aceti* und seinen Varietäten sich zunächst dadurch unterscheiden, daß die Schleimbildung auch bei Abwesenheit von Rohrzucker auftritt und durch diesen sogar beeinträchtigt werden kann. Sie wächst auf Bier zu einer an der Wand des Zuchtgefäßes emporsteigenden, trockenen, faltigen Haut, welche aus Ketten von Kurzstäbchen aufgebaut ist. In einem mit Alkohol versetzten aufgekochten Biere verlief die Säuerung

am besten bei 28—31° C. Von ihren Varietäten ist jene, welche nach des genannten Forschers Auffassung in der gewerblichen Bereitung von Essig aus Bier tätig ist, als *B. rancens var. zythi* bezeichnet worden, nach dem im alten Aegypten gebrauchten lateinischen Namen Zythum für Bier. Eine zweite Varietät erhielt durch HOYER (1) den Namen *B. rancens var. celiae*, nach der lateinischen Bezeichnung Celia für Bier im alten Spanien; diese Abart soll innerhalb des Bieres sich entwickeln. Eine dritte Abart, *B. rancens var. agile*, welche ebenso wie die zwei vorgenannten aus obergärigem Bier herausgezüchtet worden ist, soll sich durch die Fähigkeit der Eigenbewegung von der ihr sonst gleichen zweiten unterscheiden. Eine vierte Abart, das aus untergärigem Biere abgeschiedene *B. rancens var. muciparum*, bildet aus Bier erst spät, wenn die Säuerung fast beendet ist, eine dünne Hautdecke und lebt bis dahin innerhalb der dadurch stark getrübten Flüssigkeit. Bei keiner dieser Abarten, und auch bei *B. rancens* selbst nicht, wird durch Jodlösung jemals eine Bläuung bewirkt.

Bacterium oxydans ist durch W. HENNEBERG (1) aus untergärigem Bier im Jahre 1897 gewonnen worden; es findet sich im Flaschenbier sehr häufig vor. Die ihm zukommende Eigenbewegung ist nur unterhalb 30° C zu beobachten; bei Anwesenheit von Mannit im Nährboden dauert sie länger an, und durch frischen Zusatz von Alkohol kann sie in einer gealterten Zucht aufs neue angeregt werden. Es entwickelt auf Bier, welches bald stark getrübt wird, eine zarte Haut. Diese ist aus leicht zerfallenden Ketten von Kurzstäbchen aufgebaut, welche, wenn aus jungen Zuchten stammend, 2,4—2,7 μ lang und 0,8—1,2 μ breit sind. Die höchste zulässige Temperatur für das Wachstum liegt bei 30—33° C, die günstigste bei 18—21° C, die niederste bei ca. 8° C. Feuchte Wärme von 55—60° und trockene Hitze von 97—100° wirken abtötend. Weil diese Art gegen größere Mengen freier organischer Säuren recht empfindlich ist, vermag sie nicht in unverdünntem Weine aufzukommen. Bei mehr als 7 Vol.-Proz. Alkohol tritt nicht mehr Entwicklung ein. Mehr als 2 Proz. Essigsäure werden nicht gebildet. Es ist demnach auch diese Art für die Essigbereitung aus Bier schon wegen der geringen Leistungsfähigkeit, wie auch wegen des scharfen Geruches, den sie dem Essig erteilt, nicht brauchbar und also fernzuhalten. Ueber ihre Beziehung zu *Termobact. aceti* vergl. man (s. S. 554) auch HENNEBERG (2).

Bacterium acetosum ist durch W. HENNEBERG (1) im Jahre 1897 zuerst aus Döllnitzer Gose, einer besonderen (salzreichen) Art von obergärigem sächsischen Bier, abgeschieden worden. Auf Bier und Hefenwasser bildet es glatte, fest zusammenhängende, im Alter faltig werdende, mit Jod nicht färbbare Hautdecken, welche aus langen Ketten von Kurzstäbchen (von 1 μ Länge und 0,4—0,8 μ Breite) aufgebaut sind. Die Flüssigkeit bleibt klar. Dem *Bact. Pasteurianum* ähnelt die Art auch in betreff des Auftretens und Aussehens der Involutionsformen, insbesondere der ausgebauchten (geblähten) Zellen. Die zulässige höchste Temperatur beträgt zufolge HENNEBERG (17) für das Wachstum 36° C und für die Säuerung 33° C, die günstigste für beide ca. 28° C, die niederste für das Wachstum fast 8° C. Mehr als 11 Vol.-Proz. Alkohol hindern die Entwicklung. Die stärkste beobachtete Säuerung entsprach 6,6 Proz. Essigsäure. Diese Art entwickelt sich zufolge HENNEBERG (17) gut in einer Nährlösung, bestehend aus je 0,1 Proz. Ammoniumsulfat, saurem Kaliumphosphat und Magnesiumsulfat, 0,2 Proz. saurem Ammoniumphosphat, je 1,0 Proz. Essigsäure und Stärkesirup und 2 Proz. Alkohol.

Ein Zusatz von *B. acetosum* regt das *Epicoccum purpurascens* in Zuchten auf gedämpftem Reis sehr stark zur Hervorbringung des roten Farbstoffes an, wie durch K. W. Naumann (1) bemerkt worden ist, welcher in seiner Abhandlung auch eine (die Angaben auf S. 393 des Ersten Bandes ergänzende) Zusammenstellung einer Anzahl der bisher vorliegenden Beobachtungen über die Bedingungen für die Farbstoffbildung bei Schimmelpilzen (vergl. Bd. IV, S. 258) gebracht hat. Takahashi (4) hat zwei Varietäten (*Tanezu I, T. II*) des *Bact. acetosum* aus Tanezu (s. S. 617) abgeschieden und beschrieben.

Bacterium industrium ist durch P. Lindner in einer amerikanischen Preßhefe entdeckt und später durch Henneberg (4 u. 7) in Berliner Bierwürze und in Preßhefen verschiedener Herkunft wieder aufgefunden und untersucht worden. Die auf Nährflüssigkeiten entstehende (durch Jod nicht färbbare) Hautdecke ist meist schleimig, auf einem mit Maltose oder Glycerin versetzten Hefenwasser jedoch von fester und trockener Beschaffenheit. Die Flüssigkeit wird stark getrübt. Die Zellen in den Häuten zeigen keinen regelmäßigen Zusammenhang. Es sind Kurzstäbchen; solche aus dreitägigen Zuchten auf Bier sind 1.6—1,8 μ lang und 0,8—1,2 μ breit. Die Entfaltung der ihnen zukommenden Schwärmfähigkeit wird durch die Anwesenheit von Essigsäure, wie auch von Kaliumphosphat oder Glycerin, begünstigt und ist nur bei Luftzutritt und unterhalb 47° C zu bemerken. Auszeichnend ist für diese Art das Verhalten in Dextrin-Lösungen; diese werden fadenziehend und erstarren beim Erwärmen auf 30° C. Die günstigste Temperatur für die (bis höchstens 2,7 Proz. Essigsäure vorschreitende und bei höchstens 7 Vol.-Proz. Alkohol eintretende) Säuerung liegt bei 21° C, die obere Grenze bei 28° und die untere bei 10° C. Für das Wachstum sind entsprechend 23° bezw. 35° und 8° C festgestellt worden.

Acetobacter melanogenum nannte Beijerinck (6) eine Art, welche er nicht bloß in Bieren verschiedener Herkunft regelmäßig vorgefunden hat, sondern auch auf anderen Unterlagen, insbesondere in den gesäuerten Brühen der Gerbereien, nachweisen konnte. Zu deren Gewinnung läßt man in einem damit halb befüllten und bedeckten Becherglase ein nicht zu extraktreiches Bier bei 25—30° C stehen. Die an dessen Oberfläche bald sich entwickelnde Haut ist gewöhnlich aus Mycodermen und Essigsäure-Bakterien aufgebaut. Im Falle der Anwesenheit der in Rede stehenden Art, die man durch Züchten auf Bier- oder Würze-Gelatine aus jenem Gemische abscheiden kann, wird die Farbe der Flüssigkeit nach und nach immer tiefer braun. Diese Veränderung kommt durch einen durch diese Art gebildeten Farbstoff zustande, der nur bei Anwesenheit irgendeines Peptones als Stickstoffquelle und der Glucose oder der Maltose als Kohlenstoffquelle auftritt. Er ist ein Benzol-Abkömmling, vielleicht Chinon. Er schwärzt Eisensalze und verändert (gerbt) Gelatine insofern, daß diese dann weder durch kochendes Wasser noch auch durch Trypsin gelöst wird, und zeigt also die gleichen Eigenschaften wie der durch *Streptothrix* (*Actinomyces*) *chromogena* Gasperini (s. Bd. III, S. 206 u. 451) hervorgebrachte Farbstoff. *Acetobacter melanogenum* ist ein kräftiger Säuerungserreger; in Bier kann er 3,6—4,2 Proz. Essigsäure bilden. Er tritt übrigens in mehreren Varietäten auf, die insbesondere bei längerem Aufbewahren der Zuchten sich bemerkbar machen und die Fähigkeit zur Farbstoffbildung verloren und die zur Schleimbildung neu erworben haben, und würde also ein guter Gegenstand für Studien über Variation sein.

Bacterium ascendens ist durch HENNEBERG (4 u. 7) zuerst im Jahre 1898 aus trübem Weinessig abgeschieden und seitdem öfter in Wein aufgefunden worden. Seinen Art-Namen hat es wegen der stark entwickelten Fähigkeit seiner (sehr zarten) Hautbildungen erhalten, an der Innenwand des Zuchtgefäßes über die Oberfläche der Nährflüssigkeit hinaus (bis 8 cm hoch) emporzusteigen. Der Zusammenhang der (mit Jod nicht färbbaren) Hautdecke ist sehr schwach; sie zerfällt leicht, die Flüssigkeit unter ihr ist infolgedessen stets trüb. Darum ist diese Art für die Weinessig-Bereitung untauglich. Ketten sind selten aufzufinden, meist nur Zellpaare oder einzelne Kurzstäbchen, welche, aus junger Zucht entnommen, eine Länge von 1,8—2 μ und eine Breite von 1,2—1,6 μ aufweisen. Involutionsformen treten häufig auf. Die höchste zulässige Temperatur wurde für das Wachstum auf Würze-Agar zu 44° C und für die Säuerung in Bier zu 42° C, die günstigste zu 31° bezw. 27° C, die niederste zu 10° C ermittelt. Als brauchbar für Zuchten erwies sich von künstlichen Nährlösungen eine solche, die 0,3 Proz. saures Kaliumphosphat, 0,2 Proz. Magnesiumsulfat, 0,3 Proz. Asparagin, 1 Proz. Essigsäure, 2 Proz. Alkohol und 6 Proz. Stärkesirup enthielt. Der höchste Alkohol-Gehalt für Eintritt der Säuerung wurde zu ca. 12 Vol.-Proz. bestimmt. Die höchste beobachtete Essigsäure-Bildung belief sich auf 9 Prozent. Die Oxydationstätigkeit dieser Art ist bemerkenswert wählerisch: außer Aethylalkohol werden nur noch Propylalkohol und Glycol in Säuren übergeführt, nicht auch Glucose oder andere Zucker. TAKAHASHI (4) hat eine Varietät *Tanezu* aus Tanezu (s. S. 617) abgeschieden.

Bacterium vini acetati ist durch HENNEBERG (13) im Jahre 1904 aus dem Bottich einer nach dem Orléans-Verfahren arbeitenden Weinessig-Fabrik in Berlin abgeschieden und später auch wiederholt in anderen Fabriken vorgefunden worden. Auszeichnend für diese Art ist die Schwächlichkeit des Zusammenhaltes der auf Flüssigkeiten entstehenden (durch Jod nicht färbbaren) Hautbildungen, welche leicht zu einem feinen Staube zerfallen und also jene vorübergehend trüb machen. Die Farbe der Häute wird auf Bier allmählich bräunlich, auf unverdünnter Weinessig-Maische sogar braunschwarz. Längere Ketten findet man in ihnen nicht, sondern höchstens Verbände von je drei neben paarigen und einzelnen Zellen. Diese sind meist abgerundete Kurzstäbchen oder länglich-eiförmig. Sie messen, wenn aus Zuchten auf Agar entnommen, 0,3—0,8 μ in der Breite und 0,8—2 μ in der Länge und, wenn von Essigmaische stammend, 0,4 μ in der Breite und 1,2—2,1 μ in der Länge. Die Neigung zur Bildung von Involutionsformen ist gering. Die höchste zulässige Temperatur für das Wachstum liegt zwischen 36—38° C, die günstigste bei 28—33° C, die niederste oberhalb 8,5° C, die Entwicklung ist jedoch schon bei 15—19° C sehr träge. Dieser Art steht in Gestalt und Größe der Zellen und in Farbe und Aufbau der Hautdecken das durch W. L. PETERS (1) aus altem Sauerteig abgeschiedene *Bact. C* sehr nahe, das jedoch nicht eingehend genug beschrieben ist.

Bacterium xylinoides, durch HENNEBERG (13) zuerst im Jahre 1904 in den Kufen zweier Berliner Weinessig-Fabriken aufgefunden, ist ein gutes Beispiel des Einflusses der Züchtungsbedingungen auf die Mächtigkeit der Hautbildung. Diese kann entweder eine dünne und trockene (an Seidenpapier erinnernde) Decke liefern, oder aber eine schaumig-schleimige (Flockenhaut), oder aber eine dicke und zähe (Lederhaut), welche dann derjenigen des *B. xylinum* ähnlich ist und so wie dieses

mit Jod und Schwefelsäure die Cellulose-Reaktion (Bläuung) liefert. Das bisher einzige Unterscheidungsmittel ist das Ueberimpfen auf Würze-Agar: auf diesem entwickelt sich das *B. xylinum* zu einem trockenen, gelbbräunlichen Ueberzug, das *B. xylinoides* hingegen zu einem wasser-
5 hellen Schleim. Die Lederhaut, welche der Art auch den Namen verschafft hat, bildet sich regelmäßig auf Hefenwasser, das mit Zucker (Arabinose, Fructose, Saccharose u. dgl. m.) versetzt worden ist, ohne daß man diesen als den eigentlichen Verursacher erklären dürfte; denn auf gezuckerter Weinessig-Maische entwickelt sich nicht sie, sondern die
10 erstbezeichnete dünne Haut. Auch die Zellgestalt ist bei dieser Art je nach den Bedingungen der Züchtung und dem Alter sehr schwankend, bald vollkommen kuglig, bald als Kurzstäbchen oder Langstäbchen auftretend, mit abgerundeten oder aber mit zugespitzten Enden, gerade oder gebogen. Kettenbildung kommt vor. Die Zellen aus Zuchten auf
15 alkoholhaltiger Würze waren 0,8 μ breit und 1,2—2,0 μ lang, diejenigen von Würze-Agar 1,2 μ lang und 0,5 μ breit oder aber 0,5,—0,8 μ dick, wenn sie kuglig waren. Entwicklung tritt nur innerhalb 6—35° C ein. TAKAHASHI (4) hat aus Tanezu (s. S. 617) eine Varietät *Tanezu* dieser Art abgeschieden.

20 *Bacterium orleanense* ist zwar aus dem Inhalt eines Bildners der Berliner Versuchs-Essigfabrik durch HENNEBERG (13) im Jahre 1904 abgeschieden worden, ist jedoch nicht ein Schnellessig-Bakterium sondern ein kräftiger Hautbildner und zur Verwendung im Orléans-Verfahren geeignet und darnach auch benannt worden. Die Art gleicht in manchen
25 Eigenschaften der zuletzt beschriebenen, die vielleicht zu ihr und zu dem *B. xylinum* in dem Verhältnis von Varietäten steht. Ebenso wie *B. xylinoides* vermag auch sie in verschiedener Ausbildungsweise der (jedoch niemals die Cellulose-Reaktion gebenden) Hautdecke sich zu entwickeln. Meist ist diese letztere zwar dünn, die Festigkeit ihres Zu-
30 sammenhanges aber recht groß und die Flüssigkeit (Bier, Wein) unter ihr dauernd klar. Trübung tritt nur in künstlichen Nährlösungen ein. Die gleiche Mannigfaltigkeit herrscht auch in der Gestalt der Zellen. Solche aus Zuchten in Essigmaische maßen 1,6—2,4 μ in der Länge und 0,3—0,4 μ in der Breite, solche von Zuchten auf Würze-Agar 1,2—2,1 μ
35 zu 0,4—0,5 μ. Ketten und Involutionsformen kommen vor. Die Temperaturen für das Wachstum liegen zwischen 39° und 8° C.

Acetobacter plicatum ist durch FR. FUHRMANN (1) aus einem Weine abgeschieden worden. Die Zellen dieser Art sind Stäbchen ohne Eigenbewegung und messen ca. 1,5 μ in der Länge und 0,5 μ in der Breite,
40 wenn sie von gelatinehaltigen Nährböden, die niemals verflüssigt werden, herstammen, und ca. 0,8 μ in der Länge und 0,6 μ in der Breite, wenn sie auf agarhaltiger Unterlage herangewachsen sind. Auf Wein entwickelt diese Art, ohne ihn irgendwie zu trüben, eine zusammenhängende Hautdecke, welche durch Jodlösung keine Bläuung erfährt. Die günstigste
45 Temperatur für sie liegt zwischen 28—30° C. Involutionsformen bringt sie nur kärglich hervor.

Auf die durch ROTHENBACH (25) und durch PEROLD (1) beschriebenen unbenannten neun und elf Arten, die nach Herkunft und Verhalten auch zu der Schar der Weinessig-Bakterien zählen, ist schon auf
50 S. 546 hingewiesen worden.

§ 125. Die Schnellessig-Bakterien.

Bacterium acetigenum, durch Henneberg (2) im Jahre 1898 aus dem Essig einer Schnellessig-Fabrik in Halle abgeschieden, ist unter den wenigen Arten mit Eigenbewegung die lebhafteste; in 2-proz. Glycerin-Hefenwasser war diese letztere noch am 16. Tage zu beobachten. Die 5 Hautdecke auf Bier, Hefenwasser, Weißwein und stark verdünntem Rotwein ist zwar dünn, hängt aber dennoch so fest zusammen, daß sie beim Schütteln als Ganzes in der (bisweilen sich trübenden) Flüssigkeit untersinkt. Die (manchmal die Cellulose-Reaktion gebende) Decke weist keine Kettenverbände auf; die einzeln oder höchstens paarig vorkommenden 10 Zellen sind abgerundete Kurzstäbchen von 1,2—1,4 μ Länge und 0,8—1,2 μ Breite. Involutionsformen sind selten zu finden. Die günstigste Temperatur für Wachstum und Säuerung liegt bei 33 ° C, die zulässige niedrigste bei 8 ° C. Der für die Entwicklung noch erträgliche höchste Alkohol-Gehalt beträgt 7 Vol.-Proz. und die größte beobachtete Säure- 15 bildung war bisher 3,5 Proz. Essigsäure. Es kann also diese Art für die Schnellessig-Fabrikation nicht in Betracht kommen. Sie bildet aber aus dem Grunde den Uebergang von den Bieressig- und Weinessig-Bakterien zu den weiterhin zu beschreibenden wahren Schnellessigbakterien, weil sie, so wie diese letzteren und zum Unterschiede von jenen, auch in 20 Mineralsalz-Nährlösungen sich gut zu entwickeln vermag; Henneberg (17) gibt solche von sehr verschiedener Zusammensetzung und gleicher Tauglichkeit an.

Bacterium Schützenbachi, aus einem Bildner der Berliner Versuchs-Essigfabrik stammend, ist durch Henneberg (13) im Jahre 1906 be- 25 schrieben worden. Die auf Nährflüssigkeiten entstandenen (durch Jodlösung nicht färbbaren) Decken zeigen keinerlei festen Zusammenhang und sind aus mannigfaltig gestalteten (runden, eiförmigen, länglichen, gebogenen, abgerundeten oder zugespitzten) Zellen aufgebaut, die sowohl zu Ketten vereint wie auch außer Verband sind. Deren Länge schwankt 30 von 1,6—3,6 μ bei einer Breite von 0,3—0,4 μ. Die Grenzen der Temperatur für das Wachstum liegen unterhalb 37 ° und oberhalb 7,5 ° C. Die mit dieser Art bisher erreichte höchste Essigsäuremenge betrug 11,5 Prozent. Nach Henneberg's Annahme sind diese und die folgende Art und deren (noch unbekannte) Verwandten als die echten oder 35 Kultur-Schnellessig-Bakterien, also als die wirkenden im deutschen Verfahren, anzusehen.

Bacterium curvum hat mit der vorher beschriebenen Art die Herkunft und das Jahr der Reinzüchtung durch Henneberg (13) gemein, übertrifft sie aber sowohl in der Bescheidenheit der Ansprüche an den 40 Nährboden als auch in der Fähigkeit des Ertragens höherer Temperaturen und ist der bis nun hervorragendste Vertreter der noch sehr stark der weiteren Erforschung und Vergrößerung bedürftigen Gruppe der wahren Schnellessig-Bakterien. Das Hautbildungsvermögen auf Flüssigkeiten ist bei dieser Art am schwächsten ausgebildet, und oft bleibt es bei der 45 Bildung einzelner schwimmender Inseln; im günstigsten Falle des Entstehens einer vollkommenen und geschlossenen Decke ist diese ohne festen Zusammenhang. Sie färbt sich mit Jod nicht. Die Zellen haben Ei-Gestalt oder sind länglich bis lang, abgerundet oder zugespitzt und zeigen oft eine (im Art-Namen zum Ausdruck gebrachte) schwache 50 Krümmung. Meist sind sie einzeln oder zu zweien, selten zu kurzen

Ketten verbunden. Die Größe der Zellen schwankt je nach dem Nährboden, Alter usw. der Zucht von 1,6—12,0 μ in der Länge und 0,3—0,5 μ in der Breite. In Essigmaische vermehren sie sich noch bei 35 ° und nicht mehr bei 8 ° C, aber schon gering bei 16 ° C und am besten bei
5 ca. 30 ° C. Gute Entwicklung sowohl dieser wie auch der vorhergenannten Art, jedoch nicht auch des *B. orleanense* und des *B. vini acetati*, trat in HENNEBERG's vergleichenden Versuchen in einer Nährlösung ein, welche enthielt: je 0,1 Proz. der Sulfate des Ammoniums und des Magnesiums und des sauren Phosphates des Kaliums, 0,2 Proz.
10 Ammoniumphosphat, 6 Proz. Stärkesirup und 3 Vol.-Proz. Alkohol. Ein weiterer Zusatz von 1 Proz. Essigsäure macht die Lösung merkwürdigerweise für die in Rede stehende Art ganz untauglich.

Bacterium aceti var. agile soll seinem Entdecker BEIJERINCK (4) zufolge als Mikrokokkus auftreten, hat also seinen Gattungsnamen zu Unrecht
15 und wohl darum erhalten, weil es, wie ja der Zusatz besagt, nur für eine bewegliche Varietät einer in Kurzstäbchen auftretenden Art gelten soll. Diese letztere, also das *Bact. aceti* BEIJERINCK's, soll, zusammen mit seiner Abart, auf den Spänen der Bildner sich finden und als Hauptvertreter der Schar der Schnellessig-Bakterien angesehen werden.

20 Die Frage nach dem **Bedarf** an **Mineralstoffen** kommt in der Praxis der Essigbereitung nur bei der Verarbeitung von Sprit, also in der Schnellessig-Fabrikation, in Betracht und soll aus diesem Grunde hier erledigt werden. In wissenschaftlicher Hinsicht ist sie selbstverständlich von gleicher Wichtigkeit für alle Essigsäure-Bakterien überhaupt und
25 in dem Falle ganz besonders, wenn Versuche über Gärvermögen in künstlichen Nährlösungen vorgenommen werden müssen. Für diesen letzteren Zweck hatte schon PASTEUR (4) eine solche verwendet, welche im Liter 12,75 g Essigsäure, 22,5 g Alkohol, 0,2 g Ammoniumphosphat und je 0,1 g der Phosphate des Kaliums, Calciums und Magnesiums ent-
30 hielt. HOYER (1) hat dann die Frage des Bedarfes näher geprüft und zur Züchtung von Schnellessig-Bakterien eine Nährlösung für tauglich befunden, welche je 0,1 Proz. von Natriumacetat und der Phosphate des Kaliums, Magnesiums und Ammoniums und 3 Vol.-Proz. Alkohol enthielt. Ihm zufolge sind nur drei Mineralstoffe (Kalium, Magnesium
35 und Phosphor) unerläßlich; hingegen sind Schwefel, Calcium, Natrium, Silicium, Eisen, Aluminium und Mangan entbehrlich. Den Maischen der Schnellessigfabrik werden von jenen drei Elementen die zwei Basen gewöhnlich in dem zum Verdünnen des Sprites verwendeten Wasser zugeführt, dessen chemische Beschaffenheit demnach wichtig ist. An der
40 Phosphorsäure ist jedoch meist ein Mangel, so daß also, wie DONSELT (1) bemerkt hat, ein Zusatz von Phosphaten immer gute Wirkung hat. ROTHENBACH (5), welcher außer dem Magnesium auch das Calcium und die Schwefelsäure für nützlich erachtet, hat in einem Falle vergleichender Untersuchung festgestellt, daß von zwei Wässern das an diesen drei
45 Stoffen ärmere ein auffallend schlechteres Ergebnis lieferte, nämlich Sinken der Essig-Ausbeute auf zwei Drittel und beträchtliches Fallen der Arbeitstemperatur der Bildner. Ihm zufolge ist die Bindungsweise jener zwei Basen nicht gleichgültig; denn ein starker Gehalt an Sulfat und noch mehr an Chlorid wirkt lähmend. Ob die Bindung als Karbonat
50 die günstigste ist, bleibt noch zu untersuchen. Ein überflüssig hoher Gehalt an kohlensaurem Kalk wird, wegen der durch ihn zustandekommenden Minderung der Ausbeute an freier Essigsäure, selbstverständlich unerwünscht sein. Zur Deckung des Bedarfes an Mineral

stoffen und also zur Hebung der Lebenstätigkeit der Gärerreger und somit zur Steigerung der Ausbeute werden Nährsalz-Gemische verkauft, manchmal unter klangvollem Namen und zu einem den Material-Wert weit übersteigenden Preise. Ein als „Essigferment" bezeichnetes Gemisch bestand zufolge M. MANSFELD (1) aus 46 Proz. Mineralstoffen, unter denen außer 10 Proz. Sand und 5,4 Proz. Phosphorsäure viel Nitrate, Sulfate und Chloride waren. Ein als „Acetogen" bezeichnetes Gemisch bestand nach B. FISCHER aus 15 Proz. Calciumphosphat, 45 Proz. Dinatriumphosphat und 40 Proz. Ammoniumphosphat. Nicht nur die anzuwendende Menge sondern auch die Zusammensetzung solcher Gemische wird in jedem einzelnen Falle erst auf Grund der Betriebsverhältnisse und der chemischen Analyse des Betriebswassers angegeben werden können. Eine allgemein gültige Gebrauchsanweisung ist also von vornherein ausgeschlossen; man vergleiche darüber P. HASSACK (1). Daß die an feinere Nahrung gewöhnten Weinessig- oder Bieressig-Bakterien in Mineralsalz-Nährlösungen nicht selten versagen, hat schon A. J. BROWN (1) an seinen Arten in betreff PASTEUR's Lösung bemerkt. BEIJERINCK (4) hat die gleiche Beobachtung gemacht und auf sie dann seine Ansicht gestützt, daß PASTEUR gar nicht, wie er geglaubt habe, Weinessig-Bakterien sondern Schnellessig-Bakterien gezüchtet und studiert hatte, und daß also PASTEUR's *B. aceti* als Typus der Schnellessig-Bakterien zu gelten habe. HANSEN (4) hat demgegenüber mit Recht betont, daß man heute nicht mehr feststellen könne, was PASTEUR's *B. aceti* eigentlich gewesen war. Auch HENNEBERG (13) hat Mißerfolg, d. h. Ausbleiben der Entwicklung der Aussaat von Schnellessig-Bakterien, sowohl mit PASTEUR's als auch mit HOYER's Nährlösung zu verzeichnen gehabt. An der durch ihn beklagten Launenhaftigkeit der Essigsäure-Bakterien ist im Grunde genommen bloß die Mangelhaftigkeit unserer Kenntnisse schuld.

Ueber die **Stickstoff-Nahrung** der Essigsäure-Bakterien ist das wesentliche unserer Kenntnisse schon auf S. 411 des Ersten Bandes gesagt worden und also hier nur noch zu ergänzen. Schon PASTEUR (4) hatte für sein Bakterium festgestellt, daß es seinen Bedarf an Stickstoff dann aus Ammoniumsalzen decken könne, wenn ihm Essigsäure oder Alkohol als Kohlenstoffquelle geboten werde. Diese gegenseitige Bedingtheit hat BEIJERINCK (4) im Jahre 1898 dann genauer betreff der Essigsäure erforscht. War diese als Kohlenstoffquelle vorhanden, so konnte der Stickstoff entnommen werden: durch Bieressig-Bakterien nur aus Peptonen und nicht auch aus Amiden oder aus Ammoniumsalzen, durch *B. xylinum* aus Peptonen oder Amiden und nicht auch aus Ammoniumsalzen, durch Schnellessig-Bakterien aus jeder dieser drei Quellen. War jedoch Glucose neben Essigsäure verfügbar, dann begnügten sich die Bieressig-Bakterien auch mit Ammoniumsalzen oder mit Nitraten als Stickstoffquelle. HENNEBERG (2) ist im selben Jahre zu der gleichen Feststellung gelangt, welche hierauf durch HOYER (1) bestätigt wurde. Die Nitrate, die, nebenbei bemerkt, J. TILLMANS (1) als einen (bis 18 mg N_2O_5 im Liter ausmachenden) Bestandteil vieler naturreiner deutscher Weine erkannt hat, sind nach HENNEBERG (2) jedoch wenig tauglich, in etwas größerer Menge (s. S. 592) sogar schädlich. SEIFERT (6) hingegen behauptet, daß sie sogar dem Pepton vorgezogen werden und also während der Säuerung des Weines verschwinden, so daß ein Nitrat-Gehalt käuflichen Weinessigs dahin zu deuten sei, daß dieser letztere erst im fertigen Zustande mit nitrathaltigem Wasser

verdünnt (verfälscht) worden ist. Die Ueberlegenheit der Amide und Peptone gegenüber den Ammoniumsalzen als Stickstoffquelle macht man in der Schnellessig-Fabrikation sich zu nutze und bietet jene in Gestalt eines vergorenen Malzauszuges, um einen frischen Bildner in Betrieb zu
5 setzen oder einen geschwächten in seiner Leistung anzuregen. Weil dieser Zusatz aber nicht bloß den allein zu begünstigenden Schnellessig-Bakterien sondern auch den als unerwünschte Eindringlinge vorhandenen Bieressig- oder Schleimessig-Bakterien zugute kommt, wird man sehr umsichtig verfahren müssen; man vergleiche darüber ROTHENBACH (7).
10 Amide und Peptone sind auch in dem billigen und darum für Laboratoriums-Versuche sehr beliebten Hefenwasser (s. Bd. I, S. 554) vorhanden, das, mit 1—2 Proz. Essigsäure und 3—4 Proz. Alkohol versetzt, zuerst durch PASTEUR (5) gebraucht worden ist.

Die Vortrefflichkeit der Glucose als **Kohlenstoff-Nahrung** erhellt
15 schon aus der zuvor angegebenen Beobachtung BEIJERINCK's (4). Das *Bact. xylinum* verlangt zufolge HOYER als Kohlenstoff-Nahrung entweder Glucose oder Saccharose. Ebenso wie dieser Forscher hat auch HENNEBERG die allgemeine Tauglichkeit der Glucose erwiesen. Sie wird in der Praxis der Schnellessig-Fabrikation ausgenützt, welche die Maischen
20 (Essiggut) durch einen Zusatz von Stärkesirup, der hauptsächlich Glucose enthält, für die Bakterien nahrhafter macht. Ueber die Tauglichkeit des Aethylalkoholes liegen widersprechende Angaben vor. HOYER (1) stellt sie in betreff seines *Bact. aceti* in Abrede. HENNEBERG hingegen behauptet, daß sein *B. ascendens* in künstlicher Nährlösung nur dann
25 sich entwickle, wenn in ihr auch Alkohol geboten werde. Der günstige Einfluß der Anwesenheit einer nicht zu hohen Menge von Alkohol auf die Zellvermehrung der Essigsäure-Bakterien ist im allgemeinen unverkennbar. Die Tauglichkeit des Aethylalkohols als alleiniger Kohlenstoffquelle für den Zellaufbau und den Stoffwechsel ist, nebenbei bemerkt,
30 für die Mycodermen (s. Bd. IV, S. 312) und für einige Schimmelpilze (s. Bd. I, S. 421) schon seit langem bekannt und für *Penicillium* durch H. HASSELBRING (1), für *Rhizopus nigricans*, *Oidium lactis* und *Willia anomala* durch F. EHRLICH (7) und für eine große Anzahl von Schimmelpilzen, Sproßpilzen, Saccharomyceten und niederen Ascomyceten durch
35 P. LINDNER und ST. CZISER (1) vor kurzem erwiesen worden. Das Glycerin soll zufolge BROWN's (3) Beobachtung, die durch HENNEBERG (7) an dessen *Bact. industrium* bestätigt worden ist, eine weit üppigere Vermehrung sichern als irgendeine andere Kohlenstoffquelle. Der Acetaldehyd, welcher zufolge A. PERRIER (1) manchen Pilzen,
40 so insbesondere einer *Torula*-Art, den Kohlenstoff zu liefern vermag, ist im Bereich der Essigsäure-Bakterien auf diese Fähigkeit erst noch genauer zu prüfen.

§ 126. Die Schleimessig-Bakterien und der Schleimfluß der Bäume.

Bacterium xylinum hat A. J. BROWN (2) im Jahre 1886 gelegentlich
45 der Untersuchungen über sein *Bact. aceti* entdeckt, von welch letzterem es sich durch die Mächtigkeit der auf Nährlösungen bis zur Dicke von 25 mm heranwachsenden, manchmal sogar die Flüssigkeit vom Grunde bis zur Oberfläche durchsetzenden Hautbildung (Zoogloea, vergl. S. 546) unterschied. Es wurde auf gleiche Weise wie die andere Art in Rein-
50 zucht gewonnen. Die mikroskopische Prüfung ihrer derben, zu einem

Ganzen fest zusammenhängenden Decke ließ, in den Schleim eingebettet, die Zellen als ungefähr 2 μ lange Stäbchen erkennen, welche manchmal zu Verbänden aneinandergereiht waren. In alten Zuchten stellten sich häufig auch kugelige Gestalten ein. Unter ungünstigen Verhältnissen (z. B. in Hefenwasser) traten fädige Gebilde, 10—30 μ lang, auf; blasige Involutionsformen hingegen wurden niemals bemerkt. Innerhalb der Nährlösung findet man nur spärlich Zellen, die jedoch, auf eine andere Nährlösung geschickt übertragen, zu einer Hautdecke sich entwickeln. Oberhalb 36° C tritt Wachstum nicht mehr ein. Die Zooglöen setzen sich aus der Schleimhülle und aus den in sie eingebetteten Zellen zusammen. Jene erstere ist in Kupferoxyd-Ammoniak löslich und daraus dann durch Ansäuern wieder ausfällbar, wird durch Jod und Schwefelsäure oder durch Chlorzinkjod dunkelblau gefärbt und durch starke Schwefelsäure ohne Schwärzung in Auflösung gebracht, in welch letzterer, nach geschehenem Verdünnen mit Wasser, sie durch Kochen in eine Zuckerart übergeführt wird. Diese ist zufolge Brown (4) optisch rechtsdrehend und reduziert Fehling's Lösung kräftig, so daß jener Forscher die Substanz des Schleimes für Cellulose ansieht, deren Menge, auf Trockenrückstand bezogen, er zu 35—62 Proz. bestimmte. O. Emmerling (1) kam jedoch in betreff des Verhaltens zu jenen Reagentien zu abweichenden Ergebnissen, sodaß vielleicht an Hemicellulose (s. Bd. I, S. 229) zu denken sein wird, mit welcher, nach des letztgenannten Forschers Beobachtung, noch Chitin vergesellschaftet ist. Dextran hingegen, das in den äußerlich etwas ähnlichen Zooglöen des *Leuconostoc mesenterioides* vorkommen soll (s. Bd. II, S. 462), hat Brown hier vergeblich gesucht. Nicht bloß auf jeglicher der vielen und mannigfaltigen Nährlösungen, die Brown unter verschiedenen Züchtungsbedingungen geprüft hat, sondern auch auf Würzegelatine, die nicht verflüssigt wird, kommt stets die Zooglöen-Bildung zustande, für welche nach Brown (2) der Aethylalkohol untauglich ist und der Mannit und die Fructose noch förderlicher sind als die Glucose.

In England benützt man zufolge Thomson (1) in den Haushaltungen zur Erzeugung von Essig für den eigenen Bedarf aus Zuckerlösung die sogen. vinegar plant. Zufolge A. J. Brown (2) sind dies Zooglöen des *Bact. xylinum*, auf denen Hefenzellen sich angesiedelt haben, welche die erforderliche Vorarbeit der Vergärung des Zuckers zu Alkohol leisten und unter denen zufolge P. Lindner (7) auch der *Schizosaccharomyces Pombe* sich betätigt. In seiner Verneinung der Essigmutter als eines belebten Dinges hatte sich Liebig auch auf eine Angabe Mulder's (1) gestützt, welcher jenes Gebilde als frei von Asche befunden zu haben glaubte. Er wurde darin aber später durch eine durch R. Thomson (1) vorgenommene Analyse widerlegt, welche 94.53 Proz. Wasser, 5,134 Proz. organ. Stoffe und 0.336 Proz. Asche ergab, die hauptsächlich aus Alkalisalzen bestand. Im Anschlusse an diese Angabe soll auch die durch Alilaire (1) vorgenommene Analyse angeführt werden. Sie hat wahrscheinlich nicht das *Bact. xylinum* zum Gegenstande gehabt, sondern die Deckenbildung aus den Bottichen einer nach dem Orléans-Verfahren arbeitenden französischen Weinessigfabrik, welche den Wein zuvor pasteurisiert und dann mit kräftigen Essigsäure-Bakterien angestellt hatte. Die vorerst mit Wasser gewaschenen Zooglöen gaben an 80-proz. Alkohol 1,56 Proz. einer fettartigen Substanz ab, welche 2,3 Proz. Phosphor enthielt und beim Verseifen Cholin abspaltete, also vermutlich lecithinartig war. Der von ihr befreite Rest enthielt 6,9 Proz. Stick-

stoff und lieferte 5,9 Proz. Asche. Letztere bestand aus 0,6 Proz. SiO_2, 1,66 Proz. CuO, 10,7 Proz. Fe_2O_3, 47,45 Proz. H_3PO_4, 10,7 Proz. CaO, 8,0 Proz. MgO, 18,02 KOH, 2,87 Proz. NaOH und Spuren von Mangan, Chlor und Schwefel.

5 Mit Brown's *Bact. xylinum* für übereinstimmend hält W. Seifert (1) eine durch ihn im Jahre 1897 aus stichigem Weißweine abgeschiedene Spaltpilz-Art, welche auch gegen die Cellulose-Reagentien das gleiche Verhalten wie jene erstere zeigte. Gewißheit herrscht darüber jedoch nicht; denn dazu ist Brown's Art nicht genug eingehend beschrieben. 10 Das gleiche gilt von der vorgängigen Angabe Wermischeff's (1) aus dem Jahre 1893 betreffend die Auffindung jener Art in Wein; denn das Auftreten in Gestalt einer die Cellulose-Reaktion gebenden mächtigen Haut ist noch nicht ein vollgiltiger Beweis.

W. Henneberg (7) hat im Jahre 1898 eingehend eine Art unter- 15 sucht, welche er derjenigen Brown's für gleich erachtet. Es scheint jedoch wahrscheinlich zu sein, daß wir es hier mit einer Schar von Varietäten zu tun haben, denen vielleicht auch das *Bact. xylinoides* und das *B. orleanense* zuzuzählen sind. Henneberg gibt für sein *B. xylinum* den das Wachstum noch zulassenden Höchstgehalt des Nährbodens an 20 Alkohol zu 6—7 Vol.-Proz. und den höchsten erzielten Essigsäuregehalt zu 4,5 Proz. an.

Bacterium acidi oxalici, durch W. Zopf aus dem Schleimflusse einer Eiche (s. S. 568) abgeschieden und durch Fr. Banning (1) im Jahre 1902 beschrieben, steht in morphologischer Hinsicht dem *Bact. xylinum* sehr 25 nahe. Auf Bier, in welchem es Essigsäuregärung durchführt, entwickelt es sich zu mächtigen, zähen, schleimigen Häuten, die aus Ketten von Kurzstäbchen aufgebaut sind, welche eine Länge von 1,6—2,9 μ und eine Breite von 0,5—0,9 μ besitzen, also sehr auffällige Schwankungen in ihren Abmessungen aufweisen können. Die stark verquollene äußere 30 Schichte der Zellhaut, die Schleimhülle, gibt mit Chlorzink-Jodlösung oder mit Jod und Schwefelsäure die Cellulose-Reaktion. Schwärmzellen konnten nicht beobachtet werden. Von dem *Bact. xylinum* unterscheidet sich diese Art zunächst dadurch, daß sie Oxalsäure nur aus Glucose (s. S. 588) zu bilden vermag und also ihre Art-Bezeichnung nur sehr 35 wenig verdient, daß sie, in Banning's Versuchsanstellung, mit Lactose, Rhamnose, Propylalkohol, Butylalkohol, Isobuttersäure und Brenzweinsäure nur schlecht oder gar nicht ernährt werden konnte und daß hingegen die Essigsäure als guter Nährstoff sich erwies. Verflüssigung der Gelatine konnte nicht bemerkt werden. Die höchste Temperatur für das 40 Wachstum wurde zu ca. 30°, die niedrigste zu ca. 16° und die günstigste zu 23—25° C ermittelt.

Leuconostoc Lagerheimii ist zufolge Nadson und Batschinskaja (1) im Schleimflusse der Eichen (s. S. 567) schon im Jahre 1883 in Rußland durch Jacoby entdeckt und unter dem Namen *Leuconostoc quercus* kurz 45 beschrieben worden. Diese Mitteilung blieb jedoch in Westeuropa unbeachtet, wo jene Art durch Fr. Ludwig (2) erst ein Jahr später aufgefunden, durch G. von Lagerheim dann als *Leuconostoc* erklärt und diesem zu Ehren benannt wurde. Diese Spaltpilz-Art ist es, welche dem Schleimflusse seine zähe Beschaffenheit verleiht. Die Zellen sind 50 kugelig, messen 0,6—0,8 μ und sind zu Ketten vereint, welche von den mächtig verquollenen äußeren Schichten der Zellhaut umhüllt und zusammengehalten sind. M. W. Beijerinck (3) fand diese Art gleichfalls im Eichen-Schleimflusse auf, erkannte sie als Essigsäure-Bakterium und

erklärte sie für die eigentliche Ursache jener Baumkrankheit. Dieser Forscher hat auch zufolge LUDWIG (9) festgestellt, daß diese Spaltpilz-Art, ganz ähnlich wie der *Leuconostoc mesenterioides* (s. Bd. II, S. 465), nur bei Anwesenheit von Zucker und wenig oder keinem Alkohol die Schleimhüllen hervorbringt, anderenfalls aber in Gestalt von hüllenlosen 5 Kurzstäbchen sich entwickelt, viel Essigsäure bildet und als Varietät von BROWN's *Bact. xylinum* aufzufassen sei, die er später als *Acetobacterium xylinum var. Lagerheimii* bezeichnete. LUDWIG (8) hingegen meinte ganz richtig, daß die wild wachsende Art als die ursprüngliche aufzufassen sei, aus der später erst BROWN's Art, die doch aus einem 10 gewerblichen Betriebe entnommen worden war, sich nach und nach als Varietät herausgebildet habe. An Reinzuchten angestellte vergleichende Untersuchungen haben NADSON und BATSCHINSKAJA (1) zu der Auffassung geführt, daß *Leuconostoc Lagerheimii* und *Leuc. mesenterioides* nicht zwei selbständige Arten sondern bloß zwei Formen oder Rassen ein und 15 derselben Art von *Leuconostoc* sind, welche sich von dem *Bact. xylinum* scharf abgrenzen lassen.

Als Sorbose-Bakterium hatte BERTRAND (1) zuerst jene Spaltpilz-Art bezeichnet, welche auf dem Vogelbeersaft (s. S. 582) nach Ablauf der Alkoholgärung und der auf diese zunächst folgenden Wucherungen 20 von Kahm- und Fadenpilzen zur Entwicklung gekommen war und dessen Sorbit zu Sorbose oxydierte. Als Zuträger betätigten sich auch hier die Essigfliegen (s. S. 568). In einem auf das Doppelte verdünnten Gemische gleicher Teile von Weinessig und Rotwein konnte er diese Bakterien-Art regelmäßig auftreten sehen. Er hielt sie für mindestens 25 sehr nahe verwandt mit dem *Bact. xylinum* BROWN, wenn nicht sogar damit übereinstimmend. O. EMMERLING (1) hat dieser Vermutung dann auf Grund der Vergleichung einer von BERTRAND erhaltenen Ueberimpfung mit einem *B. xylinum* aus einer Essigfabrik zwar zugestimmt, jedoch auch bemerkt, daß die Zooglöen des Sorbose-Bakteriums in 30 Kupferoxyd-Ammoniak nur wenig löslich waren. Man wird hier wahrscheinlich mit einer Reihe von Abarten zu rechnen haben. Glycol soll durch das Sorbose-Bakterium zufolge BERTRAND (3) nicht angegriffen, durch *B. xylinum* hingegen zufolge HENNEBERG (7) schwach oxydiert werden. BERTRAND (15) beschreibt die Zellen seiner Art als bewegungs- 35 lose Stäbchen von 0.5 μ Dicke und 2—3 μ Länge; sie würden demnach wesentlich schlanker als die meisten anderen Essigsäure-Bakterien sein. In den Zooglöen alter oder erschöpfter Zuchten findet man nur kugelige Gebilde von 0.5 μ Durchmesser, die wohl als Involutionsformen anzusprechen sind und nicht als Sporen, wie BERTRAND gemeint hatte. 40 Diese Art ist ein kräftiges Essigsäure-Bakterium. Ihr Verhalten zu den mehrwertigen Alkoholen und zu den Zuckerarten ist durch BERTRAND (15) umfassend geprüft worden. Sie oxydiert jene ersteren zu den zugehörigen Ketosen (mit der Carbonyl-Gruppe am zweiten Kohlenstoff), die Zucker aus der Reihe der Aldosen zu der zugehörigen einbasischen 45 Säure, die aus der Reihe der Ketosen hingegen viel weitergehend und ohne bemerkenswerte Zwischenprodukte. Die Entwicklung in Zuchten, in denen die Aldosen oder Arabit, Erythrit, Perseit und Volemit geboten werden, ist weit spärlicher als in jenen mit Glycerin, Sorbit oder Mannit. 50

Die **Baumflüsse**, und unter ihnen die als Schleimfluß und als Essigfluß bezeichneten Abarten an den Eichen insbesondere, wirken in der freien Natur als Brutstätten für die Essigsäure-Bakterien. Bisher

vornehmlich vom Standpunkte der Lehre von den Pflanzenkrankheiten aus betrachtet, verdienen sie jedoch auch in jener erstgenannten Eigenschaft eine noch gründlichere Untersuchung. Die schaumigen oder schleimigen Massen, welche sehr häufig an den Eichen und in selteneren 5 Fällen auch an Weiden und Pappeln aus dem Stamme oder aus der Wurzel hervorquellen, sind zuerst im Jahre 1884 durch Fr. Ludwig (1) studiert worden, der seit dem Jahre 1886 über die in diesen Ausscheidungen anzutreffenden pflanzlichen und tierischen Kleinlebewesen wiederholt berichtet und in den Jahren 1896 und 1899 dann über die 10 bis dahin vorliegenden eigenen und fremden Beobachtungen und Veröffentlichungen je eine zusammenfassende Uebersicht (8 u. 9) geliefert hat, welche hierauf in den durch W. Holtz (1) und L. Rose (2) erbrachten Beiträgen auch in bibliographischer Hinsicht bis zu den Jahren 1901 und 1909 fortgesetzt wurden. Die Flora dieser Schleim- 15 flüsse ist nicht bloß je nach der Art des Baumes sondern weiterhin auch je nach dem Standorte und anderen äußeren Umständen etwas veränderlich und zum größten Teil aus Pilzen zusammengesetzt, daneben auch aus Algen, so aus den durch Krüger (1) entdeckten zwei Arten *Prototheca moriformis* und *Pr. Zopfii*, deren zweite auch L. Rose (2) vor- 20 fand. Im braunen Schleimfluß der Apfelbäume und Roßkastanien traf Ludwig (4 u. 7) die *Torula monilioides* Corda an, in dem nach Moschus (s. Bd. III, S. 413) riechenden Schleimfluß der Linden und Buchen eine Art aus der Gattung *Fusarium*, über welch letztere vor kurzem O. Appel und W. Wollenweber (1) eine auf vergleichenden Untersuchungen an 25 Reinzuchten sich gründende Monographie veröffentlicht haben. Die Flora des weißen Schleimflusses und Alkoholflusses der Eichen etc., der allein uns weiterhin angeht, ist zufolge Ludwig hauptsächlich aus dreierlei Pilzen zusammengesetzt, nämlich *Endomyces Magnusii*, *Saccharomyces Ludwigii* und *Leuconostoc Lagerheimii*. In betreff der schon auf 30 S. 210 des Ersten Bandes genannten Gattung *Endomyces*, über welche eine beträchtliche, bei W. Dombrowski (1) ziemlich vollständig gesammelte Literatur vorliegt, hat, nebenbei bemerkt, A. Guilliermond (3) die schon wiederholt (s. Bd. IV, S. 56 u. 145) geäußerte Vermutung eines entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhanges mit den Familien der 35 Saccharomycetaceen und Schizosaccharomycetaceen vor kurzem wieder in einer Abhandlung vertreten, in welcher er die Arten jener Gattung zu zwei Gruppen sondert. Zu der einen Gruppe, aus der, nach seiner Ansicht, die Saccharomycetaceen hervorgehen können, zählt er den ihm (4) zufolge dem *Eremascus fertilis* nahestehenden und durch W. Dombrowski (1) 40 eingehend untersuchten *Endomyces fibuliger* (s. Bd. IV, S. 529), mit welchem zufolge L. Rose (1) der *End. mali* (s. S. 362) vermutlich wesensgleich ist, den durch A. Klöcker (1) in Erde aus Java entdeckten *End. javanensis*, den durch ihn (1) in *End. capsularis* umbenannten *Saccharomycopsis capsularis* (s. Bd. IV, S. 183) und auch den *End. (Monilia)* 45 *albicans*. Die andere Untergruppe, in der also die Stammeltern der Schizosaccharomycetaceen zu suchen seien, umfaßt zufolge Guilliermond alle übrigen bisher bekannten Arten der Gattung *Endomyces*: die zuerst durch Tulasne (1) als *Hypomyces decipiens* beschriebene und später durch Reess (1) mit dem neuen Gattungsnamen *Endomyces decipiens* belegte Art 50 (s. Bd. I, S. 196), dann den *E. Magnusii*, auch den durch Ludwig (6) zuerst im weißen Fluß der Birken aufgefundenen *E. vernalis*, dessen Sproßform vermutlich wesensgleich mit dem durch Ch. Peck (1) im Birkensaft beobachteten sogen. *Saccharomyces Betulae* ist, vielleicht auch

den durch F. W. Neger (1) als einen der Pilze der Ambrosia der Waldbäume erkannten und als *E. Hylecoeti* bezeichneten Hyphomyceten und einige andere Formen. Ihnen zuzuzählen ist möglicherweise auch der *E. mali*, welcher (s. S. 566) durch Ch. Lewis (1) auf faulen Aepfeln vorgefunden und vergleichend untersucht worden ist. Der *Endomyces Magnusii* nun, als die uns weiterhin allein angehende Art, war durch Ludwig (2) im gärenden Schleimfluß der Eichen im Jahre 1884 entdeckt, seither auch in demjenigen anderer Baumarten alljährlich beobachtet und durch E. Chr. Hansen (5 u. 6) und später nochmals durch Beijerinck (3) und W. Holtz (1) auf Grund kritischer Prüfung (s. Bd. IV, S. 145) für ein *Oidium (O. Ludwigii)* erklärt worden, welche Annahme aber schon durch Brefeld (2) angezweifelt und dann durch Guilliermond (5) und L. Rose (2) widerlegt worden ist. Der letztgenannte Forscher hat auch die Ernährungsphysiologie des *E. Magnusii* überhaupt und dessen Gärvermögen insbesondere eingehend untersucht und hat die Maltose als taugliche Kohlenstoffquelle erkannt, die nicht durch Glucose, Fructose, Mannose oder Saccharose ersetzt werden kann, welche vier Zuckerarten hingegen, zum Unterschiede von jener erstgenannten, kräftig vergoren werden. Für die Bildung von Alkohol in dem Baumfluß ist schon durch das Wirken dieses Ascomyceten gesorgt. Er ist jedoch in dieser Hinsicht nicht ohne Mitarbeiter, und zwar aus der Gruppe der Sproßpilze überhaupt und der Familie der Saccharomycetaceen insbesondere, welch letztere, nebenbei bemerkt, durch A. Klöcker (2) durch die aus Erdproben von der westindischen Insel St. Thomas abgeschiedenen neuen Arten *Debaryomyces globosus* und *Schwanniomyces occidentalis* zugleich um zwei neue Gattungen vergrößert worden ist. Von den übrigen Gattungen dieser Familie ist der auf S. 182 des Vierten Bandes beschriebene *Saccharomyces (Saccharomycodes) Ludwigii* als der zweite der drei niemals fehlenden Bestandteile der Flora des Eichenschleimflusses zu nennen. Der *Sacch. apiculatus* wurde durch E. Chr. Hansen (5) und L. Rose (2) oft in solchem Ausflusse angetroffen. Von anderen Sproßpilzen sind noch solche aus der Gruppe der sogen. Rosahefen (s. Bd. IV. S. 296) durch Hansen in mehreren Arten vorgefunden worden, welcher auch, gegenüber Laurent's (1) gegenteiliger Meinung, deren Verschiedenheit betont hat. Arten aus der Gruppe der Torulaceen und solche, welche der Gattung *Zygosaccharomyces* nahestehen, hat L. Rose (2) vorgefunden, dessen Beobachtung in letzterem Punkte an das durch Nussbaumer im Honig (s. S. 413) festgestellte regelmäßige Vorkommen von Zygosaccharomyceten erinnert, von deren Arten eine neue *(Zygosacch. lactis)* durch W. Dombrowski (2) auch aus Butter abgeschieden worden ist. Und auch aus dem Reiche der Spaltpilze sind beachtenswerte Arten in den Baumflüssen zu treffen. So z. B. hatte Sorokin (1) in Pappel-Schleimfluß das *Spirillum endoparagogicum* gefunden, das mehr als eine Spore in einer Mutterzelle bildet (vergl. Bd. I, S. 108). Als regelmäßigen und also dritten Hauptbestandteil des Eichenschleimflusses hat Ludwig (2) aber den auf S. 564 beschriebenen *Leuconostoc Lagerheimii* bezeichnet. Er fand darin Zustimmung durch Beijerinck (3) und Nadson und Batschinskaja (1) und Widerspruch bei W. Holtz (1), welch letzterer nicht bloß die von jenen ersteren zwei Forschern vertretene Ansicht von der tätigen Mitwirkung dieses Spaltpilzes bei der Hervorrufung des Schleimflusses bestritt, sondern auch dessen regelmäßiges Vorkommen, ja sogar dessen Arten-Einheit nicht gelten zu lassen vermochte, weil die Bakterienflora der

Schleimflüsse sich ihm als sehr mannigfaltig und sehr stark wechselnd erwiesen hatte. Wie dem auch sei, so steht das Eintreten von Essigsäure-Gärung in jenen Ausscheidungen als Tatsache fest. Und auch W. ZOPF hat zufolge BANNING (1) im sauren Schleimfluß einer Eiche ein 5 Essigsäure-Bakterium, nämlich das *Bact. acidi oxalici*, angetroffen. Erreger dieser Säuerung sind also Essigsäure-Bakterien, gleichgiltig von welcher Art. Deren oxydierende Tätigkeit setzt dann ein, sobald durch die Arbeit der Hefen wie auch der Oidien-Vegetation des *Endomyces Magnusii* Alkohol entstanden ist. Dieser letztere allein schon, dazu noch 10 die bald entstehenden Ester (nicht bloß der Essigsäure) locken nun von weither viele und bald sich berauschende Gäste aus dem Reiche der Insekten (Bienen, Fliegen usw.) an, über welche man bei LUDWIG (2 u. 3) eine Aufzählung findet. Unter ihnen fehlen auch die rötlichen Essigfliegen *(Drosophila)* nicht. Aus der Gruppe der Würmer fand LUDWIG (5 u. 9) 15 regelmäßig in dem schon essigsauer gewordenen Schleimflusse die als neue Art erkannte *Rhabditis dryophila*, eine nahe Verwandte der auch als *Rhabditis oxyphila* bezeichneten *Anguillula aceti*, für die sie zuerst gehalten worden war, bis dann LEUCKART den Unterschied klar legte. Die Horniß verzehrt, wie LUDWIG (5) beobachtet hat, jenes Würmchen 20 und verschleppt es. Die Essigfliegen insbesondere sorgen für die Verbreitung der Essigsäure-Bakterien nach den gewerblichen Gärbetrieben. Man unterscheidet zwei Arten: *Drosophila funebris*, die größere, und *Dros. fenestrarum*, die kleinere. Eingehendere Angaben über sie findet man bei HENNEBERG (10 u. 17) und ROTHENBACH (25).

25

§ 127. Chemismus der Essigsäure-Gärung.

Unter Essigsäure-Gärung wird im vorliegenden Kapitel die durch Spaltpilze bewirkte Oxydation des Aethylalkohols zu Essigsäure verstanden, insofern dieser Vorgang die Hauptquelle für die Gewinnung von Spannkraft ist und also die Essigsäure in Hinsicht auf ihre Menge als das 30 hervorragendste Ergebnis der chemischen Tätigkeit der Zellen auftritt.

Außer Betracht bleibt demnach das Sauerwerden verdünnten Alkohols, das sich bei dessen Stehen an der Luft ohne Mitwirkung von Kleinlebewesen einstellt, jedem Chemiker bekannt ist, welcher alkoholische Titer-Flüssigkeiten benutzt, und immer aber nur zur Bildung 35 einer sehr geringen Menge von Säure führt. R. DUCHEMIN und J. DOURLEN (1) haben den Verlauf dieser rein chemischen Erscheinung und die Bedingungen ihres Eintretens genauer geprüft. Sie kann auch im Wein sich geltend machen, wobei zufolge A. TRILLAT (1) auch Acetal und Acetaldehyd auftreten. Ueber die Bildung dieses letzteren ohne Mit- 40 wirkung von Kleinlebewesen vergleiche man auch MATHIEU (1). Wirkend sind hier hauptsächlich die ultravioletten Strahlen des Spektrums.

Ebenso bleiben all jene anderen Fälle abseits, in welchen die Essigsäure zwar auch durch Pilztätigkeit zustande kommt, jedoch nicht aus Aethylalkohol durch Oxydation sondern aus anderen Stoffen (Proteinen, 45 Kohlenhydraten, organischen Säuren usw.) durch tiefgreifende Abspaltung hervorgeht, also als Nebenprodukt irgendeiner anders benannten Gärung. Derartiges Entstehen kann in der vorliegenden Betrachtung nur gelegentlich gestreift werden. Es hat jedoch, wie schon PASTEUR (4) bemerkte, wegen seiner Mannigfaltigkeit und Häufigkeit viel Erschwernis in die 50 Forschung über die echte Essigsäure-Gärung hineingebracht.

Die Festlegung der **Gleichung** der **Essigsäure-Gärung** hat die Kenntnis der Molekularformel der ins Spiel kommenden Bestandteile zur Voraussetzung. Diese letztere wurde im Jahre 1814 in betreff des Aethylalkohols durch SAUSSURE und in betreff der Essigsäure durch BERZELIUS erfüllt. Weiter zurück als diese analytischen Feststellungen 5 reicht die Erkenntnis des Wesens des Vorganges selbst, als einer Oxydation. Daß es der Alkohol ist, aus welchem beim Sauerwerden des Weines und Bieres die Essigsäure entsteht, und daß das Zutreten der Luft für den Verlauf dieser Umwandlung von Bedeutung ist, wußte man schon lange, ohne jedoch über die Art dieses Einflusses sich klar zu 10 sein. Entgegen der Annahme des Alchemisten BECHER kam ROZIER (1) im Jahre 1786 durch Versuche zur Erkenntnis, daß der säuernde Wein Luft aufnimmt. Im selben Jahre zeigte LAVOISIER (1), daß von deren Bestandteilen bloß der eine, nämlich der im Jahre 1774 durch PRIESTLEY als Element erkannte Sauerstoff, hier ins Spiel komme. Th. DE SAUSSURE (1) 15 behauptete dann im Jahre 1804, beobachtet zu haben, daß während der Essigbildung eine dem aufgenommenen Sauerstoff gleiche Menge Kohlensäure entbunden werde und daß also das Wesen dieser Säuerung nicht in der dauernden Aufnahme von Sauerstoff sondern in der Abspaltung von Kohlenstoff in Gestalt der Kohlensäure bestehe. DÖBEREINER (1) 20 hingegen meinte im Jahre 1816, daß die Essigsäure auch aus Kohlensäure bei deren andauernden Berührung mit Luft und Wasser entstehe. Nicht weniger wunderlich waren die Ansichten, welche in den auch bei DINGLER (1) auszugsweise wiedergegebenen Abhandlungen vertreten wurden, die auf eine in den Jahren 1826—1831 durch die Société de 25 Pharmacie in Paris wiederholt gestellte Preisfrage betreffend die Theorie der Essigsäure-Gärung eingelaufen waren. L. GMELIN (1) wiederholte im Jahre 1829 in seinem Lehrbuche die Behauptung SAUSSURE's zwar zuerst noch, berichtigte sie jedoch an einer späteren Stelle in dem zuerst von BERZELIUS vertretenen Sinne dahin, daß die von SAUSSURE und 30 anderen Forschern bemerkte Kohlensäure zum Teil auf noch stattfindende Alkoholgärung und zu einem anderen Teile auf eine Zersetzung der gebildeten Essigsäure und anderer Bestandteile des Essigs zurückzuführen sei. Denn inzwischen hatte DÖBEREINER (2) seine quantitativen Untersuchungen über die durch das Platinmohr (s. S. 540) bewirkte Oxydation 35 des Aethylalkohols zu Essigsäure vorgenommen und hatte gefunden, daß hierbei ein Molekül Alkohol mit einem Molekül Sauerstoff zusammen trete und je ein Molekül Essigsäure und Wasser liefere, entsprechend der Gleichung

$$C_2H_6O + O_2 = C_2H_4O_2 + H_2O. \quad 40$$

Ausgehend von der damals angenommenen Gleichheit der Wirkung des Platinmohrs einerseits und der Essigsäure-Gärung andrerseits, galt nun weiterhin auch für diese letztere die eben aufgestellte Gleichung.

Es war PASTEUR (4), welcher im Jahre 1864 darauf hinwies, daß diese einfache Gleichung sich niemals streng bewahrheitet und daß der 45 Verlauf der Essigsäure-Gärung weit verwickelter ist und außer der Essigsäure noch andere saure und neutrale Verbindungen liefert, unter denen er zuerst die später auch durch A. J. BROWN (1) aufgefundene Bernsteinsäure nannte. Inwieweit die Nebenprodukte aus dem Alkohol selbst hervorgehen und also in Wirklichkeit solche der Essigsäure-Gärung 50 sind, oder aber, in der technischen Essigbereitung, aus anderen Bestandteilen der säuernden Flüssigkeit gebildet werden, das alles ist Gegenstand zukünftiger Forschung, welche hierin um so weiter ausgreifen

müssen wird, als wir heute mit einer großen Anzahl voneinander sehr stark verschiedener Arten von Essigsäure-Bakterien zu rechnen haben. Die praktische Bedeutsamkeit solcher Forschung braucht nicht erst betont zu werden.

Die Frage nach der Größe des **Luftbedarfes** kommt hauptsächlich für die Schnellessig-Fabrikation in Betracht. Fr. Knapp (1) hat schon im Jahre 1842 einige Untersuchungen und Berechnungen darüber angestellt; er hatte in einem Falle den Sauerstoffgehalt der aus dem Bildner abziehenden Luft zu 19.1 Proz. bestimmt und das Zehnfache der theoretisch ausreichenden Luftmenge als das praktisch Erforderliche bezeichnet. Später hat dann P. Hassack (1) einige Versuche ausgeführt. Aus der zuvor gegebenen Gleichung läßt sich ableiten, daß 46 Gewichtsteile Alkohol 32 Gewichtsteile Sauerstoff zur Umwandlung in Essigsäure bedürfen, also für jeden Liter absoluten Alkohols 2,08 Kubikmeter Luft, wenn man die Dichte des ersteren mit 0.794 und den Sauerstoff-Gehalt der letzteren mit 21 Proz. in Rechnung stellt. Knapp's Versuche sind mittelst verfeinerter Verfahren durch H. Wüstenfeld und Th. Foehr (1) wieder aufgegriffen worden; sie stellten fest, daß der tatsächliche Luftverbrauch der einzelnen Bildner starke Schwankungen aufwies, sich zwischen dem Anderthalbfachen und dem Achtfachen des theoretisch erforderlichen Bedarfes bewegte. Noch weiter gehende Untersuchungen können vielleicht zu Ergebnissen führen, welche für die Praxis unmittelbar zu verwerten sind. Bisher hilft sie sich durch Probieren. Die Uebertreibung der Lüftung kann nicht bloß wegen eintretender Ueberoxydation oder Ueberhitzung gefährlich werden, sondern steigert jene Verluste stark, welche selbst unter normalen Verhältnissen den Verdienst des Essigmachers schmälern, das sind die durch die abziehende Luft mitgeführten Mengen von Alkohol und Essigsäure. Untersuchungen über diese Verluste durch Verdunstung sind jüngst an den Bildnern der Versuchs-Essigfabrik in Berlin durch H. Wüstenfeld und Th. Foehr (2) unternommen worden; die Verluste an Alkohol bewegten sich in den Grenzen von 5—19 Proz. des Rohmateriales, diejenigen an Essigsäure gingen über 2 Proz. nicht hinaus.

Die Oxydation der Essigsäure zu **Kohlensäure** ist eine dem Praktiker wohlbekannte Erscheinung, welche in dem sogen. Schwachwerden des Essigs beim Stehen zum Ausdruck kommt. Nach Pasteur (4) und A. J. Brown (1) soll sie erst dann sich einstellen, wenn kein Alkohol mehr vorhanden ist und also die Essigsäure-Bakterien in ihrem Bemühen nach Freimachung von Spannkraft sich notgedrungen auf ihr eigenes Erzeugnis werfen müssen. Der Essigmacher begegnet dieser Gefahr dadurch, daß er die Säuerung nicht bis zum völligen Verschwinden des Alkoholes vortreibt, sondern schon etwas früher abbricht und also dem fertigen Essig noch etwas Alkohol beläßt. Pasteur's Behauptung trifft übrigens heute insofern nicht mehr ganz zu, als Fr. Lafar (2) an Reinzucht-Gärungen zuerst festgestellt und Hoyer (1) dann bestätigt hat, daß die Oxydation bis zu Kohlensäure schon zu einer sehr frühen Zeit eintreten kann, zu welcher noch ansehnliche Mengen von Alkohol vorhanden sind. Zufolge Effront (2) sollen die an Flußsäure (s. S. 590) gewöhnten Essigsäure-Bakterien dieses Verhalten ganz besonders stark zeigen. *Bact. oxydans* und *B. industrium* hingegen greifen zufolge Henneberg (2 u. 7) die Essigsäure nicht an. Und nur bedingungsweise, wenn sie in geringer Menge vorhanden ist, wird sie zufolge Zeidler (2) und Henneberg (17) weiter oxydiert durch *Termobacterium aceti*, *Bact. acetosum*, *B. ascendens*,

B. orleanense. Eingehendere Versuche hierüber, welche unter dem Gesichtspunkte der im § 79 des Ersten Bandes behandelten Lehre von der Elektion der Nährstoffe vorzunehmen wären, sind sehr erwünscht. Ueber die Bedingungen, unter denen die Essigsäure angegriffen wird, ist eine, nämlich die Höhe ihrer Konzentration, zuerst durch ZEIDLER (2) geprüft worden: er ermittelte für sein *Termobacterium aceti* und ein hautbildendes Bieressig-Bakterium einen Gehalt von 2.6 Proz. bezw. 3.8 Proz. Essigsäure als Grenzwert, oberhalb dessen die Oxydationswirkung nicht mehr beobachtet wurde. HOYER (1) bestimmte ihn für sein *Bact. rancens* zu 3.66 Proz., für *B. rancens var. zythi* zu 4.32 Proz., für *B. rancens var. muciparum* zu 4.74 Prozent. Diese Befunde machen die Erfahrung der Praktiker verständlich, daß die an Säure armen Essige es sind, welche dem Schwachwerden anheimfallen, also auch die Schwierigkeit der Herstellung eines haltbaren Essigs aus einer an Alkohol armen Flüssigkeit und die Notwendigkeit des Pasteurisierens insbesondere der schwachen Essige. Man vergl. dazu auch ROTHENBACH's (26) Bemerkung auf S. 613.

Im Bildner des deutschen Verfahrens tritt die Verbrennung des Alkohols bis zu Kohlensäure, die man hier als Ueberoxydation bezeichnet, als eine sehr verlustbringende und gefürchtete Betriebsstörung gewöhnlich dann ein, wenn man zu alkoholarme Aufgüsse bei zu reichlicher Lüftung gegeben hat. Als Folge der heftigen Oxydation stellt sich zunächst eine beträchtliche Steigerung der Innentemperatur des Bildners und lebhafte Entwicklung von Kohlensäure ein, welche dann lähmend auf die Bakterien einwirkt, so daß hierauf die Temperatur wieder zurückgeht, immer tiefer sinkt und der Bildner schließlich zu wirken aufhört. In manchen Fällen jedoch arbeiteten, wie P. HASSACK (1) bemerkt hat, Fabriken jahrelang unter chronischer Ueberoxydation mit einer Ausbeute von bloß 50—60 Prozent. Künftige Forschung wird hier auch nach Mycodermen fahnden müssen, und zwar an solchen Stellen im Bildner, zu denen, infolge schiefer Lage des letzteren oder infolge ungeschickter Späne-Packung, der Regen von Maischgut nicht unmittelbar gelangen kann, wohl aber dieses durch Haarröhrchen-Wirkung stetig hingesogen wird.

Das Auftreten des **Aldehydes,** also des Acetaldehydes, im Verlauf der Essigbildung insbesondere nach dem deutschen Verfahren ist zwar durch LIEBIG als Stütze für die rein chemische Deutung der Essigsäure-Gärung verwertet worden, erweist sich jedoch bei schärferer Betrachtung als dazu untauglich. Schon die Erinnerung an die zur Nachweisung des Aldehydes gebräuchlichen Verfahren, wie dasjenige durch Reduktion einer ammoniakalischen Silberlösung, wird genügen, um darzutun, daß die Verwandtschaft des Sauerstoffes zu dieser Vorstufe der Essigsäure größer ist als diejenige zum Alkohol, und man wird demnach, auf dem Boden der Deutungsweise LIEBIG's stehend, es nicht verstehen, warum bei kärglichem Zutritt von Sauerstoff dieser letztere nicht ausschließlich dazu verwendet wird, vorerst den vorhandenen Aldehyd in Säure überzuführen und dafür eben eine entsprechende Menge des schwerer oxydierbaren Alkohols ganz zu verschonen. Noch auffälliger wird die Unhaltbarkeit jenes Standpunktes aber im Hinblick auf die auch durch P. HASSACK (1) eingehend besprochene Tatsache des gleichzeitigen Auftretens von Aldehyd-Bildung und Ueberoxydation in ein und demselben Bildner. Die physiologische Deutungsweise hingegen vermag diese Verbindung zweier gegensätzlicher Erscheinungen wenigstens in der Hauptsache dahin zu erklären, daß an einzelnen Stellen des Bildners die

säuernden Bakterien durch irgendeine Ursache eine Hemmung und an anderen Stellen eine Ueberreizung ihrer Betätigung erleiden. Ueber verschiedene andere Einflüsse, welche zum Eintreten der einen oder der anderen dieser auch durch Fr. Rothenbach (15) besprochenen zwei Störungserscheinungen mittelbar beitragen, findet man bei P. Hassack (1) lehrreiche Angaben und praktische Winke. Auch bei der Weinessigbereitung nach dem Orléans-Verfahren tritt ab und zu Aldehyd-Bildung ein, wenngleich seltener und weniger auffällig. Hier wird die Frage insofern verwickelter, als der Wein selbst schon Träger dieses Stoffes sein kann. Schon auf S. 386 des Vierten Bandes sind über das Auftreten des Acetaldehydes im Verlaufe der technischen Alkohol-Gärung einige Angaben gemacht worden, denen hier einige Ergänzungen gelegentlich nachgetragen werden sollen. Nach Trillat (1) fehlt Acetaldehyd niemals in älteren Weinen. Und auch A. J. Brown (1) bemerkte dessen (wenn auch nur spurenweises) Vorkommen bei normaler Gärung. Trillat und Sauton (1) und E. Kayser und Demolon (1) haben ihn entstehen sehen, wenn 2,5- bis 10-proz. Alkohol bezw. Wein über Hefe bei Luftzutritt längere Zeit hindurch lagerte. Zufolge Ashdown und Hewitt (1) soll das Alanin dabei eine Rolle spielen. K. Farnsteiner (2 u. 3) beobachtete bei der Weinessig-Gärung die Bildung einer die Aldehyd-Reaktion gebenden Substanz in beträchtlicher Menge, fand sie auch in vier Jahre lang gelagertem Weinessig noch vor und hält sie für dem Acetal verwandt. Zufolge E. Voisenet (1) soll sich bei der beschränkten Oxydation des Aethylalkohols immer auch etwas Formaldehyd bilden und so in Spuren auch im Gärungsessig stets vorhanden sein. Künftige Forschung auf diesem fast noch gar nicht bearbeiteten Gebiete wird gut tun, auch mit der Möglichkeit des Bestehens zweier verschiedener Enzyme der Essigsäure-Bakterien zu rechnen, eines aldehydbildenden und eines säurebildenden.

Die Frage nach der **Ausbeute** an **Essigsäure** darf nach all dem bisher Gesagten keine sehr günstige Antwort erhoffen. Auf Grund der zuvor angegebenen Gärungsgleichung sollte aus einem Moleküle (1,0 g) Alkohol ein Molekül (1,3 g) Essigsäure entstehen, das ist also, nach Pasteur's (5) Gedächtnisbehelf, auf je ein Volum-Prozent Alkohol etwas über ein Gewichts-Prozent Säure. Zeidler (2) hat an seinem *Termobacterium aceti* eine fast quantitative Umsetzung beobachtet. Spätere Forscher sind, wie zuvor schon Pasteur, zu einem weniger günstigen Ergebnis gelangt. Hoyer (1) hat an seinem *Bact. rancens* und dessen Varietäten eine Ausbeute von 70—90 Proz. Essigsäure festgestellt. Der Fehlbetrag ist nicht bloß auf die Bildung der Nebenprodukte (Kohlensäure, Aldehyd etc.) zurückzuführen, von denen man vielleicht manche noch gar nicht kennt, sondern wird auch durch die Verflüchtigung von Alkohol und Essigsäure (vergl. S. 570) verursacht. Noch mehr als in Laboratoriums-Versuchen kommt diese letztere Verlustquelle im praktischen Betriebe zur Geltung; es sinkt also hier die Ausbeute oft noch weit tiefer. Im Orléans-Verfahren ist sie gewöhnlich noch niedriger als im deutschen Verfahren, bei welchem eine mittlere Ausbeute von 85 Proz. als sehr befriedigend gilt. Wagenmann (1) hatte, als er im Jahre 1832 an Stelle des Verfahrens Schützenbach's sein eigenes empfahl, diesem letzteren nachgerühmt, daß es eine fast quantitative Ausbeute liefere und also in seiner „ganzen Vollkommenheit“ sich zeige. Dem lag wohl ein Beobachtungsfehler zugrunde. Denn zehn Jahre darauf, während welcher doch noch manche Vervollkommnung angebracht

worden war, stellte Fr. Knapp (1) durch seine von Geschäftsrücksichten nicht beeinflußten Untersuchungen einen Verlust von mehr als 10 Proz. Alkohol fest, der sich als Essigsäure nicht wieder vorfand. P. Bronner (1) gab im Jahre 1876 auf Grund der Ermittlungen in einer sorgfältig geleiteten größeren Fabrik sogar einen Verlust von 23,8 Proz. an. Beim Weinessig, dessen an und für sich viel höherer Preis mehr durch die geschmacklichen Eigenschaften als durch den Säuregehalt bestimmt wird, fällt der größere Verlust aber weniger ins Gewicht als beim deutschen Verfahren, in welchem der Preisunterschied zwischen Rohmaterial und Erzeugnis innerhalb viel engerer Grenzen sich bewegt. Einige Bemerkungen und Betrachtungen über Verlust und Ausbeute beim deutschen Verfahren sind bei E. Ulrichs (1 u. 2) und bei W. Hoffmann (2) zu finden. Der letztere gibt auf Grund der durch Rothenbach in der Berliner Versuchsanstalt gemachten Ermittlungen an, daß die Ausbeute daselbst beim Einbildner-Betrieb 85—90 Proz., beim Zweibildner-Betrieb 75—80 Proz. und beim Dreibildner-Betrieb 70—75 Proz. betrug.

Ueber die **Oxydase** der Essigsäure-Bakterien als deren eigentliches Werkzeug für die Oxydations-Arbeit ist eine kurze Bemerkung schon in dem 27. Kapitel des Ersten Bandes gemacht worden, welches von den Oxydasen im allgemeinen handelt. Seit der Drucklegung dieses viel früher (1907) veröffentlichten Kapitels sind nun einige einschlägige Arbeiten allgemeinen Inhaltes erschienen, auf welche hier bei dieser Gelegenheit kurz hingewiesen werden soll: eine bis zum Jahre 1909 reichende Zusammenstellung hat A. Bach (4) gegeben. Ueber das Vorkommen von Tyrosinase bei Spaltpilzen (*Bact. phosphorescens, B. putidum, Actinomyces chromogenes*) berichteten K. B. Lehmann und Sano (1). Der auf S. 675 des Ersten Bandes bedingterweise erhobene Zweifel an der Enzym-Natur der Oxydasen im allgemeinen ist noch im Jahre 1907 durch O. Dony und J. van Duuren (1) in betreff der tierischen Alkoholoxydase und Aldehydase im besonderen ausgesprochen worden, über welche zwei Enzyme man die Arbeiten von Battelli und Stern (1) vergleiche. Bald darauf hat O. Dony (1) auch der Laccase das Dasein abgesprochen. Und H. Euler und I. Bolin (1) haben im selben Jahre (1908) dargetan, daß die neutralen Salze gewisser aliphatischer Oxysäuren die gleiche Wirkung wie die Medicago-Oxydase ausüben, welch letztere sie dann als ein Gemisch der Calciumsalze ein-, zwei- und dreibasischer Oxysäuren (Glycolsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Mesoxalsäure etc.) erkannten. Nicht weniger lebhaft sind die Angriffe, welche sich gegen die schon auf S. 673 des Ersten Bandes dargelegte Behauptung Bertrand's von der tätigen Rolle des Mangans in den Oxydasen und bei deren Wirkung richten. Den dort erwähnten Angaben Sarthou's und Slowtzoff's über manganfreie Oxydasen hat Issajew (1) solche über die eisenhaltige Oxydase des Malzes angereiht. A. D. Rosenfeld (1), E. de Stöcklin (1) und A. Bach und J. Tscherniack (1) haben dargetan, daß die Peroxydase weder Mangan noch Eisen enthält, und A. Bach (2) erachtet diese Beobachtung, wie auch neuere eigene Feststellungen, als weitere Stützen für die schon im Jahre 1897 durch ihn (1) aufgestellte und auf S. 674 jenes Bandes erwähnte Auffassung der Oxydasen als Gemenge von Peroxyden mit Peroxydasen. A. W. van der Haar (1) konnte jedoch die Peroxydase der Kartoffelknollen nicht vollständig manganfrei machen und bezweifelt auch, ob dies wirklich in Bach's Versuchen gelungen sei, stimmt diesem jedoch insoweit zu, als auch er eine Beziehung zwischen Mangangehalt und Wirkungsgröße verschieden

stark gereinigter Präparate nicht hat beobachten können. Der zuerst durch BERTRAND im Jahre 1897 bemerkte und durch C. GESSARD (1) dann genauer geprüfte günstige Einfluß eines Zusatzes von Salzen des Mangans oder anderer geeigneter Metalle, die als eine Art Coferment wirken sollen, ist durch A. BACH (3) in betreff der Phenolasen bestätigt worden, jedoch nicht auch in betreff der Alkoholoxydase, also des oxydierenden Enzymes der Essigsäure-Bakterien, dem wir uns nun zuwenden wollen. E. BUCHNER und J. MEISENHEIMER (1) haben im Jahre 1903 nachzuweisen sich bemüht, daß die durch Essigsäure-Bakterien durchgeführte Oxydation des Aethylalkohols zu Essigsäure der Tätigkeit eines im Bakterienleibe enthaltenen Enzymes zuzuschreiben sei. Versuche, das Zellplasma für sich zu gewinnen und dann auf verdünnten Alkohol einwirken zu lassen, also die Anwendung von Preßsaft (s. Bd. IV, S. 349), blieben ohne Erfolg. Als jedoch aus Bieressig-Bakterien mittelst Aceton in ähnlicher Weise wie bei der Darstellung der Dauerhefe (s. Bd. IV, S. 361) ein Dauerpräparat hergestellt worden war, konnte mit diesem unter günstigen Umständen sowohl die Oxydation eines mit Calciumkarbonat versetzten vierprozentigen Aethylalkohols zu Essigsäure als auch die des Propylalkohols zu Propionsäure erzielt werden, selbstverständlich unter Bedingungen, welche nur Enzymtätigkeit und nicht auch Zelltätigkeit zuließen, also insbesondere unter Zusatz von Toluol (vergl. Bd. IV, S. 358). Die Ausbeute war zunächst freilich nicht ansehnlich, nämlich vier Gramm Essigsäure auf hundert Gramm Dauerpräparat. F. ROTHENBACH und L. EBERLEIN (1) konnten unter Verwendung von Reinzuchten von *Bact. Pasteurianum* HANSEN diese Befunde bestätigen. ED. BUCHNER und R. GAUNT (1) gaben im Jahre 1905 jenem Enzyme den Namen Alkoholoxydase und lieferten dann (2) eine genauere Kennzeichnung dieses Enzymes. MOHR (1) meinte jene kärgliche Ausbeute an Essigsäure auf Grund der oben angedeuteten Auffassung BACH's derart erklären zu können, daß die also auch als Gemenge einer Oxygenase (Peroxyd) mit einer Peroxydase zu betrachtende Alkoholoxydase während ihrer Abscheidung durch die lösenden und fällenden Agentien eine Einbuße an ihrem leicht zersetzlichen erstgenannten Bestandteil erlitten habe. In Verfolgung dieses Gedankens haben dann F. ROTHENBACH und HOFFMANN (3) geprüft, ob man, entsprechend dem Befunde BACH's an der Tyrosinase, auch in diesem Falle durch Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd eine Kräftigung erzielen könne; es gelang ihnen dies jedoch an einem Aceton-Dauerpräparat von dem durch HENNEBERG reingezüchteten Weinessig-Bakterium *β—R* nicht. Und in einem durch ROTHENBACH und DONSELT (1) unternommenen Versuche an einem ähnlich bereiteten Präparate von *Bact. aceti* HANSEN erwies sich der Zusatz von 0,2 Proz. Superoxyd zu der 2 Proz. Alkohol enthaltenden Lösung sogar als schädlich. Die Wirksamkeit der Essigsäure-Bakterien im Sinne BERTRAND's durch einen Zusatz von 0,01—0,1 Proz. Mangano- oder Ferrosulfat zur Nährlösung zu steigern, haben ROTHENBACH und HOFFMANN (3) an *Bact. ascendens*, *B. rancens*, *B. aceti* und *B. Kützingianum* mit Erfolg versucht. Der Verein (1) der Spiritus-Fabrikanten in Deutschland hat im Jahre 1906 auf den Zusatz derartiger Metallsalze zur Essigmaische ein Patent genommen. Die von manchen in ihrer Beweiskraft überschätzte Reaktion auf Oxydasen mittelst Guajaktinktur (s. Bd. I, S. 669) konnten HENNEBERG und WILKE (1) allerdings auch oft an lebenden Zuchten einiger Essigsäure-Bakterien hervorrufen, jedoch nicht auch in Gärungsessig oder Eisessig, wohl aber in Rohspiritus und an den gekochten

Zooglöen des *Bact. xylinum.* Zu einem besseren Ergebnis wird man vielleicht bei Anwendung des durch P. Ehrlich empfohlenen Gemisches von α-Naphtol und Dimethylparaphenylendiamin gelangen, über dessen Anwendung man auch W. H. Schultze (1) vergleiche. *Acetobacter melanogenum* und andere Essigsäure-Bakterien (mit Eigenbewegung) oxydieren zufolge Beijerinck (6) das Hydrochinon (0,02 Proz.) zu Chinon. Auf den durch H. Schade (1) unternommenen Versuch, über die Enzym-Theorie noch hinauszugehen und die einzelnen Stufen der Vergärung des Zuckers, also in weiterer Folge auch die Essigsäure-Gärung, auf katalytische Reaktionen zurückzuführen, kann hier bloß hingewiesen werden.

§ 128. Die Säurebildung aus einwertigen Alkoholen.

Das Verhalten der Alkohole unter dem oxydierenden Einflusse der Essigsäure-Bakterien ist in wissenschaftlicher und in technischer Hinsicht von Wichtigkeit. Von den bisher darüber vorliegenden Beobachtungen sind einige das Ergebnis tiefgreifender Untersuchung und darum in diesem und dem nächstfolgenden Paragraphen etwas ausführlicher dargelegt. In anderen Fällen hingegen hatte es, angesichts der Schwierigkeiten der vorzunehmenden chemischen Analysen, dabei sein Bewenden gefunden, daß der Forscher bloß die eine Frage erledigte, ob aus dem zu prüfenden Alkohole unter dem Einflusse der angewandten Arten von Essigsäure-Bakterien es zur Bildung von Säure überhaupt gekommen ist, ohne jedoch die Natur dieser letzteren festzustellen. Im Interesse der Vollständigkeit fanden auch diese Angaben hier Aufnahme, jedoch, um nicht Raum zu verschwenden, bloß in Gestalt einer in der folgenden Tabelle gegebenen Uebersicht, in welcher das Minus-Zeichen das Ausbleiben, das Plus-Zeichen hingegen kräftige Säuerung, und ein Plus-Zeichen in Klammern eine sehr schwache Säuerung andeutet.

Säurebildung aus Alkoholen.

B. = Bertrand Br. = Brown H. = Hansen Hb. = Henneberg S. = Seifert Z. = Zeidler	Methyl-A.	Propyl-A.	Isopropyl-A.	Butyl-A.	Isobutyl-A.	Amyl-A.	Glycol-A.	Glycerin	Erythrit	Mannit	Autoren
Bact. aceti Br.	—	+			—	—	+	+	—	—	Br. (1 u. 3)
B. aceti H.		+	—	—	—	—	+	—	—	—	S. (1) u. Hb. (7)
B. acetigenum Hb.	—	+	—	—	—	—	+	—	—	—	Hb. (2 u. 7)
B. acetosum Hb.	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	Hb. (1, 2, 7)
B. ascendens Hb.	—	+	—	—	—	—	+	—		—	Hb. (7 u. 13)
B. curvum Hb.		+						(+)	+	(+)	Hb. (13)
B. industrium Hb.	(+)	+	—	—	—	—	+	+		+	Hb. (7)
B. Kützingianum H.	—	+	—	+	+	—	+	—	—	—	S. (1) u. Hb. (2 u. 7)
B. orleanense Hb.		—						+	(+)	(+)	Hb. (13)
B. oxydans Hb.	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+	Hb. (1, 2, 7)
B. Pasteurianum H.	—	+	—	+	+	—	+	—	—	—	S. (1) u. Hb. (2 u. 7)
B. Schützenbachi Hb.		+						+	(+)	—	Hb. (13)
B. vini acetati Hb.		+						+	(+)	(+)	Hb. (13)
B. xylinoides Hb.		+						+	+	(+)	Hb. (13)
B. xylinum Br.										—	Br. (2)
B. xylinum Hb.	—	+	—	—	—	—	(+)	(+)	(+)	(+)	Hb. (7 u. 13)
Sorbose-Bakterium B.							—			—	B. (3, 10, 11)
Termobacterium aceti Z.	—	+	—	—	—	—	+	—		—	Z. (3) u. Hb. (7)

Der **Methylalkohol** wird, nach den übereinstimmenden Befunden fast aller Beobachter von A. J. Brown (1) an, durch die Essigsäure-Bakterien nicht in Säure übergeführt. Nägeli's (1) gegenteilige Behauptung stützt sich nicht auf Reinzucht-Gärungen. Die durch Henne-5berg (7) bemerkte schwache Säurebildung durch *Bact. industrium* ist fraglich und wohl auf eine andere Quelle zurückzuführen. Für die Essigsäure-Bakterien trifft also die Bemerkung nicht zu, welche O. Loew (1) gelegentlich der Beschreibung seines *Bac. methylicus* machte und die dahin geht, daß (0,5-proz.) Methylalkohol eine sehr gute Kohlenstoff-10quelle für aerobe Spaltpilze sei. P. Lindner (8) hat dessen Untauglichkeit auch für einige Eumyceten (*Oidium lactis* und *Sacch. membranaefaciens*) festgestellt. F. Ehrlich (7) hat jedoch ein (allerdings schwächliches) Wachstum bei *Willia anomala* erzielen können.

Daß im Gegensatze dazu der Aethylalkohol ($CH_3 - CH_2OH$) 15durch alle Essigsäure-Bakterien in die ihm entsprechende Fettsäure übergeführt wird, braucht an und für sich gar nicht erst betont zu werden: denn diese Fähigkeit ist ja das Hauptmerkmal der in Rede stehenden Spaltpilz-Gruppe.

Auch der **Propylalkohol** ($CH_3 - CH_2 - CH_2OH$) ist allen bisher 20daraufhin geprüften Arten zugänglich. Die Ergiebigkeit an Propionsäure ist jedoch verschieden groß. In Zuchten in Hefenwasser mit 2 Proz. dieses Alkohols erzielte Henneberg (2 u. 7) binnen 14 Tagen durch *Bact. ascendens* 1,9 Proz., durch *B. acetosum* 1,8 Proz., durch *B. oxydans*, *B. industrium* und *B. Kützingianum* 1,5 Proz., durch *B. aceti* 25und *B. Pasteurianum* 1,3 Proz., durch *B. acetigenum* 0.6 Proz. Propionsäure. A. J. Brown (1) gibt als erster Beobachter an, daß er neben der Propionsäure noch eine Spur einer nicht flüchtigen Säure habe auftreten sehen. Seifert (1), als der nächste, hat keine quantitativen Ermittlungen angestellt. Die Gärungsgleichung ist also erst noch festzu-30legen.

Der **Isopropylalkohol** ($CH_3 - CHOH - CH_3$) erwies sich in Seifert's (1) Versuchen als unzugänglich und hinderte (in einproz. Lösung in Hefenwasser oder Bierwürze) die Entwicklung der Aussaat. Henneberg (7) hat dann auch an anderen Arten, die er in zweiproz. Lösung 35hielt, die gleiche Erfahrung gemacht. Aceton ($CH_3 - CO - CH_3$), als das nächste Ergebnis der (rein chemischen) Oxydierung dieses Alkoholes, war also auf diesem Wege bisher nicht zu gewinnen. Erneute Untersuchungen hierüber erscheinen erwünscht, und zwar in Hinblick auf das schon nachgewiesene Entstehen von Dioxyaceton aus dem Dioxy-40Produkt dieses Alkohols, nämlich dem Glycerin.

Den **Normal-Butylalkohol** ($CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2OH$) hat zuerst Seifert (1) auf seine Oxydierbarkeit (in einproz. Hefenwasser) durch *Bact. Pasteurianum* und *B. Kützingianum* geprüft. Er erhielt in beiden Fällen normale Buttersäure in reichlicher (jedoch nicht be-45stimmter) Ausbeute. Henneberg (7) hingegen konnte (in zweiproz. Lösung) weder bei diesen zwei noch auch bei acht anderen Arten eine Säuerung oder Entwicklung der Aussaat beobachten. Die Frage bedarf also erneuter Bearbeitung.

Vom **Isobutylalkohol** ($CH_3 - CH \cdot CH_3 - CH_2OH$) gilt das Gleiche. 50A. J. Brown (1) hat (in halbproz. Lösung in Hefenwasser) wohl Entwicklung der Aussaat, jedoch keine Säuerung feststellen können. In Henneberg's (7) Versuchen in zweiproz. Lösung trat weder die eine noch die andere ein. An den auch durch den letztgenannten Forscher

geprüften zwei Arten *Bact. Pasteurianum* und *B. Kützingianum* war W. SEIFERT (1) zuvor schon bei Verwendung von Hefenwasser mit einem Proz. dieses Alkohols zu dem gleichen Ergebnis gelangt; hingegen hatte er bei Verwendung von Würze als Nährboden sowohl die Entwicklung der Aussaat als auch die Entstehung einer immerhin beträchtlichen 5 Menge (0,4 Proz. als Essigsäure berechnet) von Säure beobachtet, welche er für Isobuttersäure hielt. Seine sonst so befriedigenden Analysen-Ergebnisse stimmen in diesem Falle mit der aus der Formel zu berechnenden Zusammensetzung nicht gut überein. Es ist demnach die Art der entstandenen Säure noch ungewiß und deren Ursprung wohl 10 in einem säureliefernden Kohlenhydrate der Würze zu suchen, also in einer Fehlerquelle, durch welche kurz zuvor HENNEBERG (1) zu der irrtümlichen Behauptung von der Säuerung des Methylalkohols durch *Bact. acetosum* und *B. oxydans* verleitet worden war.

Die vorliegenden Angaben über den **Amylalkohol** leiden schon an 15 dem einen Mangel, daß sie nicht immer genau erkennen lassen, für welchen der acht Isomeren sie gelten sollen. Sowohl BROWN (1) als auch SEIFERT (2) sprechen von Gärungsamylalkohol, mit welcher Bezeichnung in der organischen Chemie wohl gewöhnlich das Isobutylcarbinol, $CH(CH_3)_2-CH_2-CH_2OH$, gemeint ist, während in dem ein 20 buntes Gemisch darstellenden Gärungsamylalkohol des Sprachgebrauches der Gärungstechniker außer jenem auch noch aktiver Amylalkohol, $CH_3-CH(C_2H_5)-CH_2OH$, enthalten ist. In BROWN's Versuchen trat weder Wachstum noch auch Säuerung ein. Diejenigen SEIFERT's führten nur in einem Falle zu einer geringen Säuerung ohne Beweiskraft. 25 Und auch HENNEBERG (2 u. 7) konnte, bei Anwendung von 2 Proz. in Hefenwasser, bei keiner der zehn geprüften Arten binnen 14 Tagen eine Entwicklung oder Säuerung bemerken.

Das Schicksal der an Kohlenstoff reicheren einwertigen Alkohole unter dem Einflusse der Essigsäure-Bakterien ist auch von praktischer 30 Bedeutsamkeit. Im § 88 des Vierten Bandes ist eine beträchtliche Anzahl solcher Nebenprodukte der technischen Alkoholgärung unter der gemeinsamen Bezeichnung **Fuselöle** genannt worden. Jenen Angaben sei hier zunächst die Bemerkung hinzugefügt, daß K. WINDISCH (1) eine bis zum Jahre 1893 reichende Zusammenstellung der Literatur über die 35 Fuselöle gegeben hat, welche durch H. H. PRINGSHEIM (1) bis zum Jahre 1906 fortgesetzt und ergänzt worden ist. Seine schon auf S. 393 des Vierten Bandes erwähnten Untersuchungen über die Entstehung jener Alkohole hat F. EHRLICH (1—6) seitdem weiter ausgedehnt. Er hat (s. S. 465) gezeigt, daß die einbasischen α-Monaminosäuren durch 40 die Hefentätigkeit entsprechend der Gleichung

$$R-CH\cdot NH_2-COOH+H_2O = R-CH_2OH+CO_2+NH_3$$

in die um ein Kohlenstoff-Atom ärmeren zugehörigen Alkohole übergeführt werden. Danach entsteht der aktive Amylalkohol aus dem Isoleucin, der Isoamylalkohol aus dem Leucin, der Isobutylalkohol aus 45 dem Valin. Als Zwischenprodukte des Abbaues der Aminosäuren treten zufolge NEUBAUER und FROMHERZ (1) die entsprechenden Ketonsäuren auf. Den im Fuselöl auch vorhandenen Isopropylalkohol und Normalbutylalkohol hält H. H. PRINGSHEIM (2) hingegen für Ergebnisse der Tätigkeit gewisser Bakterien (s. Bd. IV, S. 399). Die Entstehungsweise 50 des Normalpropylalkoholes ist noch unbekannt. E. KAYSER und A. DEMOLON (1) haben die Entstehung höherer Alkohole in sterilisiertem Weinmost durch Reinhefen festgestellt und betonen, daß deren Auftreten

nicht durch die Verwendung eines ausgewählten Hefenstammes verhütet werden kann, sondern durch die Art der Ernährung der Hefe, also vor allem durch die Beschaffenheit des Nährbodens, bestimmt wird. Im Hinblick auf das Vorkommen solcher Alkohole sowohl in dem für 5 die Zwecke der Schnellessig-Bereitung herangezogenen Rohspiritus als auch in dem der Säuerung zugeführten Wein ist eine umfassende Untersuchung über deren Angreifbarkeit durch Essigsäure-Bakterien erwünscht. G. HEINZELMANN (3) hat in einem aus fuselhaltigem Spiritus erzeugten Schnellessig das wohlriechende Amylacetat vorgefunden.

10 Der Phenyläthyl-Alkohol, $C_6H_5—CH_2—CH_2OH$, welcher zufolge F. EHRLICH (4) durch Hefentätigkeit aus dem (auch in den Proteinen der Maischen und Würzen enthaltenen) Phenylalanin nach dem allgemeinen Schema der Vergärung der Aminosäuren (vergl. S. 577) entsteht, ist auf seine Angreifbarkeit durch Essigsäure-Bakterien hin noch nicht 15 untersucht. Ebenso zu prüfen sind drei andere einwertige aromatische Alkohole, nämlich das Tryptophol und das Histidol, welche zufolge F. EHRLICH und JACOBSEN (1), auf gleiche Weise wie jener erstgenannte, aus dem Tryptophan bezw. Histidin hervorgehen, und das durch F. EHRLICH (4) entdeckte Tyrosol. Des letzteren Muttersubstanz 20 ist das (ebenfalls in Maischen und Würzen enthaltene) p-Oxy-Phenylalanin, also das Tyrosin, aus welchem jener Alkohol nicht bloß durch Saccharomycetaceen (darunter auch *Willia anomala*) sondern auch durch Mycodermen gebildet werden kann. Das Schicksal dieser aromatischen Alkohole in Wein und Bier während der Essigsäure-Gärung ist auch 25 vom Standpunkte des Nahrungsmittel-Chemikers aus einer Untersuchung würdig.

§ 129. Die Oxydation mehrwertiger Alkohole.

Das **Aethylen-Glycol** ($CH_2OH — CH_2OH$), also das erste Glied der Reihe der zweiwertigen Alkohole, wurde, als 2-proz. Zusatz zu Hefen- 30 wasser, in BROWN's (3) Versuchen durch dessen *Bact. aceti* wahrscheinlich vollständig in die zugehörige einbasische Säure, die Glycolsäure ($CH_2OH — COOH$), übergeführt, wenn durch Beigabe von Calciumkarbonat für Bindung dieses entwicklungshemmenden Oxydationsproduktes vorgesorgt worden war. W. SEIFERT (1) gelangte an *Bact. Pasteurianum* 35 und *B. Kützingianum* zu dem gleichen Befunde. Die auf zehn Arten ausgedehnten Untersuchungen HENNEBERG's (7) beschränkten sich auf die (titrimetrisch vorgenommene) Feststellung, daß Säure überhaupt gebildet wurde, ohne jedoch deren chemische Natur aufzuklären. In 2-proz. Lösung des Glycols in Hefenwasser trat Säuerung leicht (jedoch nicht 40 weitgehend) in allen Zuchten ein; in 6-proz. hingegen kam nur geringe Entwicklung der Aussaat zustande. Das Sorbose-Bakterium verhielt sich in BERTRAND's (3) Versuchen ablehnend. Das gleiche gibt TAKAHASHI (3) von seinen fünf Varietäten des *B. Kützingianum* an.

In anderer Weise, als dies in LE BEL's und in PÉRÉ's Versuchen 45 (s. Bd. I, S. 436 u. 437) eingetreten war, wird zufolge A. KLING (1 u. 2) das racemische **α-Propylen-Glycol** ($CH_3 — CHOH — CH_2OH$) sowohl durch das Sorbose-Bakterium wie auch durch eine zweite Art von Essigsäure-Bakterien verarbeitet, welche durch BERTRAND und SAZERAC als *Mycoderme race d'Orléans* bezeichnet worden ist. Von den beiden Kompo- 50 nenten jenes racemischen Doppelmoleküles wird nach dessen Spaltung

bloß die linksdrehende zum zugehörigen Ketoalkohol oder Ketol, dem Acetol ($CH_3 - CO - CH_2OH$). oxydiert, die rechtsdrehende hingegen nicht angegriffen. Andere Arten von Essigsäure-Bakterien sind in dieser Hinsicht bisher noch nicht geprüft worden.

Der dreiwertige Alkohol **Glycerin** ($CH_2OH - CHOH - CH_2OH$), 5 dessen Vergärung nach verschiedenen Richtungen hin schon A. FITZ (1) im Verlaufe seiner freilich nicht mit wahren Reinzuchten angestellten Untersuchungen über Spaltpilzgärungen (s. Bd. IV, S. 400 u. ff.) und nach ihm auch H. BUCHNER (1) mittelst des *Bac. Fitzianus*, E. VON SOMMARUGA (1) mit 16 Arten, A. PÉRÉ (1) mittelst *Bac. subtilis*, *Bac. mesente-* 10 *ricus vulgatus* und *Thyrothrix tenuis* verfolgt hatten, lieferte in BROWN's (3) Versuchen mit dessen *Bact. aceti* nicht, wie erwartet worden war, die Glycerinsäure ($CH_2OH - CHOH - COOH$), sondern wurde, in 2,5-proz. und 5,0-proz. Lösung in Hefenwasser, wahrscheinlich bis zu Kohlensäure und einer geringen Menge einer anderen Säure unbestimmter Art oxy- 15 diert. Im wesentlichen ebenso verhielt sich ein Essigsäure-Bakterium, das BERTRAND und SAZERAC (1) kurzweg *Mycoderma aceti* PASTEUR heißen, und das überhaupt nur wenig Neigung zu Glycerin kundgab. *Bact. Pasteurianum* und *B. Kützingianum* zeigten in SEIFERT's (1) quantitativen Versuchen, auch bei Anwesenheit von Calciumkarbonat, bloß eine geringe, 20 bald aufhörende Einwirkung auf Glycerin, dessen Menge von 2,04 g in 100 ccm. in Hefenwasser geboten, binnen zehn Wochen nicht weiter als auf 1,9 bezw. 1,8 g hinabgedrückt wurde. Auch das *Termobacterium aceti* soll zufolge ZEIDLER (1) das Glycerin nicht angreifen. Anders verhält sich aber nach BERTRAND (3 u. 4) dessen Sorbose-Bakterium; dieses 25 oxydiert den in Rede stehenden dreiwertigen Alkohol zum entsprechenden Keton, das ist das Dioxyaceton ($CH_2OH - CO - CH_2OH$), welches, wie BERTRAND (5) bemerkte, später noch weiter zersetzt wird. R. SAZERAC (1) hat aus einem Weinessig eine (nicht benannte) Bakterienart abgeschieden, welche den Aethylalkohol nur schwierig in Essigsäure umwandelt und 30 also kein wahres Essigsäure-Bakterium ist, jedoch das Glycerin rasch zu Dioxyaceton oxydiert und auch Erythrit und Sorbit, jedoch nicht auch Mannit, unter Bildung reduzierend wirkender Verbindungen angreift. Auch die *Tyrothrix tenuis* wandelt, nebenbei bemerkt, zufolge FERNBACH (1) das Glycerin wie auch die Sorbose, die Saccharose und 35 die Stärke zunächst in Dioxyaceton und dieses dann in Methylglyoxal, Formaldehyd und Essigsäure um. HENNEBERG's (2, 7, 13) Untersuchungen an fünfzehn Arten beschränkten sich auf die Prüfung, ob aus Glycerin überhaupt eine Säure gebildet wird, ohne nach deren Natur zu fragen; acht Arten erwiesen sich als dazu fähig, die übrigen nicht. Im Hin- 40 blick auf das Vorkommen des Glycerins im Wein und Bier verdient dessen Verarbeitung durch die Essigsäure-Bakterien eine tiefergreifende Ueberprüfung. Die Möglichkeit der Entstehung des (FEHLING's Lösung reduzierenden) Dioxyacetones durch gewisse Arten während der Weinessig-Gärung und also dessen Vorkommen im Weinessig verdient Be- 45 achtung für den Fall der chemischen Untersuchung (Zucker-Bestimmung) dieses letzteren. Die Leichtigkeit der Beschaffung des Dioxyacetones mittelst des Sorbose-Bakteriums, in betreff welcher man die durch BERTRAND (5) gegebene genaue Anleitung einsehe, ist, nebenbei bemerkt, auch für die künftige Forschung über den Chemismus der Alkohol- 50 gärung wertvoll. Denn ED. BUCHNER und J. MEISENHEIMER (1 u. 3), denen vor kurzem auch A. VON LEBEDEW (1) beigetreten ist, halten jetzt für das Zwischenprodukt der Vergärung der Glucose nicht mehr

die Milchsäure (s. Bd. IV, S. 353 u. 376), deren Unvergärbarkeit durch Hefe inzwischen A. Slator (1) dargetan hat, und auch nicht die von H. Schade (1) und von Franzen und Steppuhn (1) dafür angesehene Ameisensäure und den Acetaldehyd, sondern eben das Dioxyaceton, dessen 5 Vergärbarkeit durch Hefe schon durch Bertrand (15) behauptet und im Jahre 1912 durch A. Slator (2) wieder angezweifelt worden ist, und auf das schon zuvor W. Löb (1) und P. B. Jensen (1) hingewiesen hatten, welch letzterem jedoch durch S. Karauschanow (1) Vorhaltungen in methodologischer Hinsicht gemacht worden sind. Und tatsächlich hat 10 A. von Lebedew (2) sich dieses Verfahrens zur Darstellung von Dioxyaceton bei seiner jüngsten Untersuchung über die Rolle der Zucker-Phosphorsäure-Ester im Chemismus der Alkoholgärung bedient. Die über diesen letzteren in den Jahren 1904—1910 veröffentlichten Mitteilungen hat, nebenbei bemerkt, A. Harden (1) in einer zusammenfassenden Ueber-15 sicht besprochen. Das im Weine beim Bitterwerden (s. S. 533) entstehende Acrolein, also der Allylaldehyd ($CH_2=CH—CHO$), geht zwar auch aus dem Glycerin hervor, jedoch nicht durch Essigsäure-Bakterien, sondern zufolge E. Voisenet (2) durch eine besondere Spaltpilz-Art.

Den vierwertigen Alkohol **Erythrit**, und zwar in der natürlichen 20 Form der inaktiven Mesoverbindung, hatte in Brown's (3) Versuchen dessen *Bact. aceti* binnen 12 Wochen nicht anzugreifen vermocht, obgleich die Einimpfung (in Hefenwasser) sich lebhaft vermehrte. Bertrand (3 u. 8) konnte aus ihm jedoch mittelst seines Sorbose-Bakteriums eine neue Ketose, die d-Erythrulose ($CH_2OH — CO — CHOH — CH_2OH.$), 25 darstellen. W. Henneberg (2 u. 13) hat zwölf Arten auf Bildung von Säure aus diesem Alkohol geprüft und deren sieben als dazu fähig erkannt, ohne jedoch auch die Natur der Säure zu bestimmen. Nebenbei sei zur Ergänzung der Angaben des 12. Kapitels des Ersten Bandes hier gelegentlich bemerkt, daß J. Zellner (1) im Verlaufe seiner Unter-30 suchungen über die Chemie des Zellinhaltes der Pilze im Jahre 1910 den Erythrit zum erstenmal als Bestandteil eines Eumyceten (Maisbrand-Sporen) festgestellt hat.

Der l-**Xylit**, also der Alkohol, welcher ($C_5H_{12}O_5$) der l-Xylose entspricht, wurde in Bertrand's (3) Versuchen durch dessen Sorbose-Bak-35 terium nicht angegriffen. Hingegen wurde der ihm stereoisomere l-**Arabit** zu l-Arabo-Ketose oxydiert.

Der **Quercit** oder Eichelzucker, ein fünfwertiger cyklischer Alkohol ($C_6H_{12}O_5$), ist in Henneberg's (2) Versuchen durch keine der sechs geprüften Arten von Essigsäure-Bakterien angegriffen worden, nämlich 40 *Bact. aceti* H., *B. acetigenum, B. acetosum, B. Kützingianum, B. oxydans* und *B. Pasteurianum.* Dessen nächstes Oxydations-Produkt, also das Hexaoxy-Hexahydro-Benzol, d. i. der Inosit ($C_6H_{12}O_6$), der ja im Wein regelmäßig vorkommt, ist schon aus diesem Grunde einer umfassenden Prüfung auf sein Verhalten gegen die Essigsäure-Bakterien würdig.

45 Von den sechswertigen Alkoholen ($C_6H_{14}O_6$) ist der **Mannit** in Hinsicht auf sein Verhalten zu den Bakterien überhaupt bisher am eingehendsten untersucht worden. Je nach der Art des Gärerregers und der Züchtungsbedingungen vermag er in sehr verschiedener Weise verarbeitet zu werden und mannigfaltige Produkte zu liefern, worüber 50 einige Angaben auf S. 400 u. ff. des Vierten Bandes gesammelt sind, noch andere in diesem und in den übrigen Bänden mit Hilfe der Register unter dem Schlagworte Mannit aufgefunden werden können. Ihnen sei der Hinweis auf eine (jedoch nicht mit Reinzuchten vorgenommene) Be-

obachtung BERTHELOT's (1) angefügt, welcher aus Mannit einen durch Hefe vergärbaren, FEHLING's Lösung reduzierenden, nicht kristallisierbaren und wahrscheinlich linksdrehenden Zucker erhielt. A. PÉRÉ (1) hat im Verlaufe seiner Untersuchungen über die Verarbeitung der ternären Verbindungen (insbesondere der höheren Alkohole und der Kohlenhydrate) durch aerobe Bakterien festgestellt, daß der Mannit durch *Bac. subtilis* zu Fructose und durch *Bac. mesentericus vulgatus* und *Tyrothrix tenuis* zu Mannose oxydiert wird. Im Bereiche der Essigsäure-Bakterien hat zuerst A. J. BROWN (1) im Jahre 1886 an seinem *Bact. aceti* gezeigt, daß dieses in PASTEUR's Mineralsalz-Lösung, die mit etwas Gelatine als aufbesserndem Nährstoff und mit 2 Proz. Mannit versetzt war, freudig gedieh und dabei aus letzterem die ihm entsprechende Ketose, das ist die d-Fructose, bildete. In Hefenwasser verschwanden 25 g des Alkohols im Liter binnen fünf Wochen vollständig. Außer jener Hexose als Hauptprodukt entstand wahrscheinlich noch eine geringe Menge unbekannter Nebenprodukte, jedoch keine Säure. Das gleiche Verhalten wurde an einigen anderen Arten von Essigsäure-Bakterien festgestellt, so durch BROWN (2) an dessen *Bact. xylinum*, durch SEIFERT (1) an *Bact. aceti* HANSEN, durch VINCENT und DELACHANAL (2) an BERTRAND's Sorbose-Bakterium, durch BEIJERINCK (6) an dessen *Acetobacter melanogenum*. Hingegen übt zufolge SEIFERT (1) das *Bact. Kützingianum* nur eine geringe und das *B. Pasteurianum* gar keine Einwirkung auf Mannit aus. In HENNEBERG's (2, 7, 13) Versuchen an fünfzehn Arten bildeten deren vier aus Mannit in Hefenwasser eine deutliche Menge von Säure. Von TAKAHASHI's (3 u. 4) fünf Varietäten des *Bact. Kützingianum* säuerten zwei, nämlich α und δ; hingegen waren die übrigen drei ebenso wie beide Varietäten (*Tanezu I* u. *II*) sowohl des *Bact. aceti* BROWN als auch des *B. acetosum* und die des *B. ascendens* ohne Einwirkung auf Mannit.

Der **Dulcit**, auch ein sechswertiger und dem Mannit und dem Sorbit isomerer Alkohol, wurde in BROWN's (3) Versuchen in Hefenwasser durch dessen *Bact. aceti* binnen 2—4 Monaten nicht angegriffen, obgleich kräftige Entwicklung der Einimpfung sich einstellte. W. SEIFERT (1) machte dann die gleiche Beobachtung an *Bact. aceti* HANSEN, *B. Pasteurianum*, *B. Kützingianum* und einer durch ihn aufgefundenen Art, welche vermutlich mit BROWN's *Bact. xylinum* wesensgleich war. Das Sorbose-Bakterium BERTRAND's (3) verhält sich ebenfalls ablehnend. Auch in W. HENNEBERG's (2) Versuchen wurde dieser Alkohol nicht angegriffen, weder durch HANSEN's drei Arten noch auch durch *Bact. acetigenum*, ***B. acetosum*** **und** ***B. oxydans.***

Der **Sorbit** verdankt seine gelegentliche Entdeckung im Jahre 1872 durch J. BOUSSINGAULT (1) in dem Saft der Vogelbeeren (Sorbus) den Bemühungen dieses Forschers nach Wiederauffindung der durch PELOUZE (1) im Jahre 1852 entdeckten und mit dem Namen Sorbin belegten Hexose, welche in diesem Safte vorgefunden worden war, nachdem dieser letztere die auf eine andere, schon durch KITTEL (1) erkannte Zuckerart beschränkte Alkoholgärung durchgemacht und hierauf an seiner Oberfläche sich mit einer Pilzwucherung bedeckt hatte. Sein eigentliches Ziel erreichte BOUSSINGAULT jedoch ebensowenig wie vor ihm schon BYSCHL (1). Ob DELFFS (1) darin wirklich, wie er meinte, erfolgreicher war, ist fraglich; seine Abhandlung ist in ihren tatsächlichen Angaben zu kurz gehalten und nur darum erwähnenswert, weil in ihr zuerst, also fast ein Jahr vor BOUSSINGAULT, der sie wohl hat kennen können aber nicht er-

wähnt, der neue Name Sorbit vorgeschlagen worden ist, allerdings für das angeblich wiedergefundene Sorbin, das Delffs der Reihe des Mannits und Dulcits einfügen zu sollen glaubte. Im Jahre 1880 berichtete C. Vincent (1) über seine Erfahrungen und äußerte die Vermutung, daß
5 das Sorbin wohl nur unter ganz besonderen Bedingungen und „wahrscheinlich unter dem Einflusse eines bestimmten Fermentes“ aus dem Sorbite gebildet werde. In dieser neuen Richtung bewegte sich dann zehn Jahre später A. Freund (1). Er machte die Beobachtung, daß man den (manchmal sehr sauren!) Vogelbeersaft (s. S. 599) bis zu einem spezif.
10 Gewichte von 1,06—1,09 verdünnen müsse, wenn das Sorbin sich bilden solle. Er stellte auch fest, daß als Quelle des Sorbines, das inzwischen in Sorbose umbenannt worden war, nur der Sorbit in Betracht kommen könne, der unter dem oxydierenden Einflusse der „Schimmelpilze“ in Sorbose übergeführt werde. Freund hätte nur der dazu erforderlichen
15 Einsicht und Schulung in Mykologie bedurft, um den letzten Schritt zur vollen Klarstellung zu tun. Es war Bertrand (1), welcher im Jahre 1896 dann zeigte, daß auf dem (gegebenenfalls verdünnten) und sich selbst überlassenen Vogelbeersafte, nachdem er die Alkoholgärung durchgemacht hat, zunächst *Mycoderma* und hierauf Schimmelpilze sich an-
20 siedeln, weiterhin aber durch Essigfliegen (s. S. 568) ein Essigsäure-Bakterium, nämlich das Sorbose-Bakterium, eingeschleppt wird. Dieses oxydiert nun den bisher unangegriffenen Sorbit zu Sorbose ($C_6H_{12}O_6$), einer neuen, der Fructose stereoisomeren Ketohexose, zu deren bequemen Herstellung Bertrand (14) dann eine genaue Anleitung gab. Ein Jahr
25 darauf bemerkte Seifert (1) die Bildung einer linksdrehenden reduzierenden (jedoch nicht näher bestimmten) Zuckerart aus Sorbit durch sein *Bact. xylinum* und stellte fest, daß hingegen das *Bact. aceti* H., das *B. Pasteurianum* und das *B. Kützingianum* bei vierwöchentlicher Züchtung bei 26—30 ° C in Hefenwasser mit ein Prozent Sorbit diesen nicht
30 angriffen. *Acetobacter melanogenum* jedoch bildet nach Beijerinck (6) in geeigneten Nährlösungen Sorbose. Diese Ketose entsteht übrigens zufolge Fernbach (1) auch durch Einwirkung der *Tyrothrix tenuis* auf Sorbit. Matrot's (1) Angabe, daß auch *Mycoderma vini* diesen Alkohol in Sorbose umzuwandeln vermöge, stützt sich, wie Bertrand (2) wider-
35 legend dargetan hat, auf Beobachtungen an unreinen Zuchten: dieser Sproßpilz oxydiert den Hexit sogleich bis zu Kohlensäure und Wasser. Die Gärung des Saftes der Vogelbeeren, die ein in vielen Gegenden angewendeter Rohstoff für die Gewinnung von Branntwein sind, würde, nebenbei bemerkt, eine genauere Untersuchung verdienen, und zwar
40 nicht bloß auf die erzielbare Alkoholausbeute hin, die von Liebig (5) gelobt, von Boussingault (1) hingegen für unbefriedigend erklärt wurde, sondern auch in betreff des schon durch Pelouze (1) vergeblich verfolgten Schicksals der in den Beeren reichlich enthaltenen und fabriksmäßig aus ihnen gewonnenen Aepfelsäure, die während der Alkohol-
45 gärung zufolge Liebig vollständig erhalten bleibe, zufolge Delffs (1) aber fast ganz verschwinden könne. Nach Vincent und Delachanal (1) enthalten die Früchte der Rosaceen ausnahmslos Sorbit, an welchem insbesondere die Birnen, Kirschen und Pflaumen sehr reich (8 g pro kg) befunden wurden. Dieser sechswertige Alkohol wird sonach auch im
50 Apfelwein und Birnwein vorhanden sein und bei der Essigsäure-Gärung dann in die gegen Fehling's Lösung reagierende Sorbose übergehen können. Der Nahrungsmittel-Chemiker wird also bei der Prüfung solcher Essige auf Zuckergehalt sehr umsichtig zu verfahren haben.

Der **d-Idit**, der durch VINCENT und MEUNIER (1) als ein regelmäßiger Begleiter des (ihm isomeren) Sorbites in dem Safte der Früchte vieler Rosaceen, insbesondere auch der Vogelbeeren, entdeckt und zuerst für einen Oktit gehalten worden war, durch BERTRAND (10) dann als Hexit erkannt und als vermeintlich neu unter dem Namen Sorbierit be- 5 schrieben, später jedoch durch BERTRAND (11) als d-Idit erwiesen worden ist, wird zufolge der Beobachtungen der genannten Forscher durch das Sorbose-Bakterium nicht angegriffen.

Der **Perseit**, also der der d-Mannoheptose entsprechende Alkohol ($C_7H_{16}O_7$), wurde in BERTRAND's (3 u. 12) Versuchen durch dessen Sorbose- 10 Bakterium in die Perseulose, eine durch Hefe nicht vergärbare Keto-Heptose, übergeführt. Der jenem Heptite stereoisomere **Volemit** (s. Bd. I, S. 279) liefert zufolge BERTRAND (3) in gleicher Weise eine Ketose, welche mit der Volemose wesensgleich zu sein scheint.

Die Bedeutsamkeit der zuerst durch A. J. BROWN erkannten Ver- 15 schiedenheit des Verhaltens der Alkohole und Kohlenhydrate gegenüber der oxydierenden Einwirkung der Essigsäure-Bakterien wird, vom Standpunkte der Ermittlung der Konstitution jener Verbindungen aus bewertet, um so weniger unterschätzt werden dürfen, als der englische Forscher selbst auf sie nachdrücklich hingewiesen hat. Zu der bis dahin 20 schon bekannten und im 15. Kapitel des Ersten Bandes eingehend besprochenen Verwendung von Kleinlebewesen zur Aufspaltung racemischer Doppelmoleküle, die, so erfolgreich sie für den synthetischen Chemiker auch ist, doch bloß präparativen Nutzen schafft und durch die Lösung des lockeren Bandes zwischen zwei unverändert bleibenden Molekülen 25 gekennzeichnet ist, trat nun jenes neue Werkzeug, das, einer Sonde gleich, tief in das Gefüge des Moleküles selbst hineinzufühlen ermöglichte und in BERTRAND's Hand zur leichten Darstellung neuer Körper führte, welche auf rein chemischem Wege bis dahin nur auf großem Umwege oder gar nicht erreichbar waren. Es konnte so BERTRAND (8 u. 9), vom 30 i-Erythrit ausgehend, diesen durch das Sorbose-Bakterium in d-Erythrulose überführen, deren Reduktion durch chemische Mittel dann den neuen d-Erythrit lieferte. In ähnlicher Weise gewann BERTRAND (13) den neuen Alkohol Perseulit aus dem Perseit auf dem Wege über die Perseulose. E. VOTOČEK (1) hatte aus dem Glykoside Convolvulin 35 (Rhodeoretin) die Rhodeose, eine neue Methylpentose, $C_5H_9(CH_3)O_5$, abgespalten und diese dann durch Reduktion mittelst Natriumamalgams in den (als Rhodeit bezeichneten) zugehörigen Alkohol $C_6H_{14}O_5$ übergeführt. Für diesen letzteren wurde hierauf durch VOTOČEK und BULÍŘ (1) festgestellt daß er durch das Sorbose-Bakterium nicht angegriffen wird. 40 Es kommt demnach dem Rhodeit und somit auch der Rhodeose die dem genannten Bakterium nicht genehme sterische Konfiguration zu. Diese Schlußfolgerung hat später durch VOTOČEK (2) auf chemisch-synthetischem Wege bekräftigt werden können.

§ 130. Die Bildung von Säuren aus Kohlenhydraten. 45

Die Zuckerarten können, als Aldehyde oder Ketone, nicht bloß durch rein chemische Oxydation sondern auch durch die Einwirkung der Essigsäure-Bakterien in Säuren übergeführt werden. Bei aller Gleichheit des grundsätzlichen Verhaltens erweisen sich jedoch auch hier die biologischen Mittel im Einzelfalle als feiner. Darüber, ob die Oxydation eintritt, 50

entscheidet sowohl der chemische Bau der Zuckerart als auch die Fähigkeit des Plasmas der Bakterienart. Das Gebiet ist noch nicht tief genug bearbeitet. Angesichts der Schwierigkeit der auszuführenden Analysen haben sich die Forscher oft mit der einfachen Feststellung 5 begnügt, daß es überhaupt zur Bildung von Säure gekommen war, ohne jedoch diese letztere nach Art und Menge zu bestimmen; diese allgemeinen Angaben sind, um Raum zu sparen, in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden. Die anderen Fälle hingegen, in denen man jener weitergehenden Frage nachgespürt hat, sollen in den weiterhin 10 folgenden Darlegungen genauer betrachtet werden.

Säurebildung aus Kohlenhydraten.

B. = Bertrand, Bj. = Beijerinck, Br. = Brown, H. = Hansen, Hb. = Henneberg, P. = Pasteur, S. = Seifert, T. = Takahashi, Z. = Zeidler

	Arabinose	Fructose	Glucose	Galactose	Saccharose	Maltose	Lactose	Raffinose	Dextrin	Autoren
Bact. aceti Br.		—	+		—					Br. (1)
B. aceti H.	—	—	+	—	—	—	—	—	—	Hb. (2 u. 7)
B. aceti P. var. Tanezu T.	+	+	+	+	+	+	+	?	?	
B. aceti Br. var. Tanezu I. T.	+	—	+	—	—	—	—	—	+	T. (4)
B. aceti Br. var. Tanezu II. T.	+	+	+	?	—	+	—	—	+	
B. acetigenum Hb.	—	—	+	—	—	—	—	—		Hb. (2 u. 7)
B. acetosum Hb.	—	—	+	+	—	—	—	—	—	Hb. (1, 2, 7)
B. acetosum Hb. var. Tanezu I. T.	+	—	+		?	—	—	+		T. (4)
B. acetosum Hb. var. Tanezu II. T.	?	?	+	—	+	+	—	?		
B. ascendens Hb.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Hb. (7)
B. ascendens var. Tanezu T.	+	+	+		+	—	?	—	—	T. (4)
B. curvum Hb.	+	(+)	+	(+)	—	—	—	+	+	Hb. (13)
B. industrium Hb.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Hb. (7)
B. Kützingianum H.	—	—	+	—	—	—	—	—	—	S. (1) u. Hb. (1, 2, 7)
B. Kütz. var. α T.	—	+	—	—	—	—	—	—	—	
B. Kütz. var. β T.	—	+	—	—	+	—	—	—	—	
B. Kütz. var. γ T.	?	—	—	?	—	—	—	—	—	T. (3)
B. Kütz. var. δ T.	—	+	+	—	—	+	?	—	—	
B. Kütz. var. η T.	+	+	+	+	+	+	+	—	—	
B. orleanense Hb.	+	(+)	+	(+)	(+)	(+)	+	(+)	+	Hb. (13)
B. oxydans Hb.	+	+	+	+	+	+	(+)	+	+	Hb. (1, 2, 7)
B. Pasteurianum H.	—	—	+	—	—	—	—	—	—	S. (1) u. Hb. (2 u. 7)
B. Schützenbachi Hb.	+	+	+	(+)	(+)	(+)	+	(+)	+	Hb. (13)
B. vini acetati Hb.	+	+	+	+	(+)	+	—	+	+	Hb. (13)
B. xylinoides Hb.	+	(+)	+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	Hb. (13)
B. xylinoides var. Tanezu T.	+	+	?	+	+	+	?	+	+	T. (4).
B. xylinum Br.		—	+		—					Br. (2)
B. xylinum Hb.	+	(+)	(+)	(+)	+	—	—	(+)	—	Hb. (7 u. 13)
Sorbose-Bakterium B.	+		+	+						B. (6, 7, 15)
Termobacterium aceti Z.	—	—	+	—	—	—	—	—	—	Z. (2 u. 3) u. Hb. (7)
Acetobacter melanogenum Bj.		—	+		—	+				Bj. (6)

Die **l-Xylose,** als die daraufhin zuerst geprüfte Pentose ($C_5H_{10}O_5$), wurde zufolge Bertrand (6) durch dessen Sorbose-Bakterium zu der ihr entsprechenden einbasischen Säure, der Xylonsäure, oxydiert. Und durch dieselbe Art wurde zufolge Bertrand (7) die **l-Arabinose** in 15 Arabonsäure übergeführt. Fünfzehn andere Arten von Essigsäure-Bakterien sind durch Henneberg (2, 7, 13) daraufhin geprüft worden, ob sie Säure aus dieser zweiten Pentose zu bilden vermögen; das Ergebnis ist in der Tabelle verzeichnet. Bisher noch nicht untersucht ist

das Verhalten sowohl der dritten Zuckerart aus der Reihe der Aldopentosen, nämlich der Ribose, die als Bestandteil der Nucleine (auch der Hefen) einige Beachtung verdient, als auch der vierten, der Lyxose. Die **Rhamnose,** eine Methylpentose ($C_6H_{12}O_5$), wurde in TAKAHASHI's (4) Versuchen an je einer Tanezu-Varietät des *Bact. ascendens* und *B. xylinoides*, 5 an zweien des *B. acetosum* und an dreien des *B. aceti* nicht gesäuert.

Die **Glucose** ($C_6H_{12}O_6$) war das erste Kohlenhydrat überhaupt, dessen Schicksal unter dem Einflusse der Essigsäure-Bakterien genauer verfolgt worden ist. L. BOUTROUX (1) hatte im Jahre 1878 den durch PASTEUR untersuchten Erreger der Milchsäure-Gärung (s. Bd. I, S. 17) 10 auf dessen Zersetzungstätigkeit in verschiedenen Nährböden hin geprüft, hatte dazu auch glucosehaltiges Hefenwasser verwendet und in diesem die Bildung von Säure beobachten können. Dadurch wurde er, der ja wahre Reinzuchten damals noch nicht in Händen haben konnte, zu der Ansicht geführt, daß der Erreger der Milchsäure-Gärung (*ferment lactique*) 15 und derjenige der Essigsäure-Gärung (*Mycoderma aceti*) als ein und dieselbe Art aufzufassen sei, deren Wirkungsweise mit der Beschaffenheit des Nährbodens sich ändere. Mit dieser letzteren Ansicht stellte sich BOUTROUX allerdings in einen merkwürdigen Gegensatz zu der durch seinen Lehrer PASTEUR (1) vertretenen und gerade an jenen zwei 20 Gärungen (s. Bd. I, S. 24) eingehend dargelegten Lehre von den spezifischen Gärungserregern. Zwei Jahre darauf zeigte BOUTROUX (2), daß die aus Glucose entstandene Säure nicht, wie er vordem angegeben hatte, Milchsäure sei, sondern mit der Gluconsäure (CH_2OH — $(CHOH)_4$ — $COOH$) wesensgleich ist, die gerade zehn Jahre zuvor durch 25 HLASIWETZ und HABERMANN (1) auf rein chemischem Wege durch die oxydierende Einwirkung von Chlor auf Glucose entdeckt worden war, also die dem Aldehyd Glucose entsprechende einbasische Säure, welche, angeblich fast quantitativ, aus jenem durch Umwandlung der Aldehyd- in die Carboxyl-Gruppe hervorgeht. A. J. BROWN (1) konnte im Jahre 1886 30 die gleiche Fähigkeit an seinem *Bact. aceti* feststellen, das nur diese Säure allein und kein anderes Nebenprodukt bei der Einwirkung auf die in Rede stehende Aldohexose (2 Proz. in PASTEUR's Mineralsalz-Nährlösung) entstehen ließ, deren Auffassung als Aldehyd dadurch auch eine damals willkommene Stütze erfuhr. Das *Bact. Kützingianum* und 35 das *B. Pasteurianum* verhalten sich zufolge SEIFERT (1) ebenso, und zwar ist die letztgenannte Art weniger wirkungskräftig und weniger ergiebig als die andere. Ebenso entsteht Gluconsäure aus Glucose durch das *Termobacterium aceti* zufolge ZEIDLER (3), welcher sie zuerst (2) für Milchsäure gehalten hatte, durch *Bact. rancens* selbst und dessen zwei 40 Varietäten *B. r. var. zythi* und *B. r. var. muciparum* zufolge HOYER (1), durch *Acetobacter melanogenum* zufolge BEIJERINCK (6) und durch fast alle Arten HENNEBERG's. Das *Bact. xylinum* verarbeitet zufolge BROWN (2) die Glucose nach zweierlei Richtungen hin, durch Oxydation zu Gluconsäure und durch Kondensation zu Cellulose, und zwar verlaufen diese 45 zwei Umwandlungen gleichzeitig nebeneinander. Die einzige bisher bekannte Ausnahme ist das *Bact. ascendens*, welches zufolge HENNEBERG (7) weder in Hefenwasser noch auch in Würze die Glucose säuerte. Das dem *Bact. xylinum* sehr nahe verwandte Sorbose-Bakterium lieferte in BERTRAND's (7) Versuchen zunächst auch Gluconsäure. Diese erlitt 50 jedoch, sobald die Glucose ganz aufgearbeitet war und die Zucht weiterhin beträchtlich unterhalb der für ihre Entwicklung günstigsten Temperatur (ca. 30° C) gehalten wurde, zufolge BERTRAND (15) eine

weitergehende Oxydation zu Oxygluconsäure, einer Keto-Säure von der Formel $CH_2OH - CO - (CHOH)_3 - COOH$. Das gleiche scheint auch von den anderen Hexonsäuren zu gelten, insofern sie eine durch diese Bakterien-Art angreifbare sekundäre Alkohol-Gruppe (CH.OH) 5 enthalten. Eine allmähliche Aufzehrung der entstandenen Gluconsäure durch deren Erzeuger ist schon mehrmals festgestellt worden, so durch Henneberg (14) an *Bact. xylinum* und *B. xylinoides*, und wird vielleicht noch öfter ohne Wissen des Beobachters eingetreten sein. Mit dieser Möglichkeit ist zu rechnen, sobald wir an die Bewertung der Ergebnisse schreiten, 10 zu denen Henneberg (7) bei seiner vergleichenden Untersuchung über die Größe der Ausbeute an Gluconsäure gelangt ist. Bei Verwendung von Hefenwasser als Nährboden wurden nach Ablauf von (meist) 14 Tagen vorgefunden: 16,6 Proz. Gluconsäure bei *Bact. industrium* (binnen 20 Tagen in 40-proz. Glucose-Lösung), 8,0 Proz. bei *B. oxydans* 15 (25 Proz. Glucose), 4,6 Proz. bei *B. acetosum* (25 Proz.), 2,6 Proz. bei *B. aceti* (10 Proz.), 2,5 Proz. bei *Termobacterium aceti* (8 Proz.), 1,9 Proz. bei *B. acetigenum* (10 Proz.), 1,5 Proz. bei *B. xylinum* (12 Proz.), 0,8 Proz. bei *B. Kützingianum* (15 Proz.), 0,5 Proz. bei *B. Pasteurianum* (15 Proz.). Aus dieser Zahlenreihe erhellt auch, wie wenig empfindlich die Essig-20 säure-Bakterien gegen starke Konzentration an Glucose sind. Hoyer (1) hatte schon festgestellt, daß sein *Bact. rancens* sich in entgeistetem Biere nicht mehr entwickelte, wenn diesem 55 Proz. Glucose zugesetzt worden waren, daß es jedoch noch bei 50 Proz. dieses Zuckers, denen ein osmotischer Druck von ca. 37 Atmosphären entspricht, sich zu be-25 haupten und zu vermehren vermochte. Henneberg (7) ermittelte die das Wachstum noch zulassende höchste Gabe an dieser Hexose (in Hefenwasser) zu 50 Proz. für *Bact. industrium*, zu 45 Proz. für *B. acetosum*, zu 35 Proz. für *B. oxydans*, *B. aceti*, *B. Pasteurianum*, *B. Kützingianum* und *B. xylinum*, zu 25 Proz. für *B. acetigenum* und *Termobacterium aceti*. 30 Unempfindlichkeit gegen hohe Konzentration an Glucose kommt jedoch, nebenbei bemerkt, nicht allein den Erregern der Essigsäure-Gärung sondern auch anderen Bakterien-Arten zu, so z. B. den auch in dieser Hinsicht auf ihr Verhalten gegen Glucose, Saccharose, Maltose und Lactose durch J. Mendel (1) geprüften *Bact. coli commune*, *B. vulgare*, 35 *B. cloacae*, *B. lactis aerogenes* und *Bac. Fitzianus*, von denen die ersten zwei Arten schon vordem (s. Bd. II, S. 482) in Segin's (1 u. 2) Untersuchungen über das Verhalten der Bakterien zu den Zuckerarten einbezogen gewesen waren.

Die **Galactose** wurde zufolge Bertrand (7) durch das Sorbose-40 Bakterium fast vollständig zu Galactonsäure oxydiert; sie verhielt sich also vollkommen entsprechend der ihr stereoisomeren Glucose. Auch in Henneberg's (2, 7, 13) Versuchen trat durch die Mehrzahl der geprüften fünfzehn Arten eine Säurebildung ein.

Auf die **Fructose** hingegen sind zufolge A. J. Brown (1), Seifert (1), 45 Hoyer (1) und Beijerinck (6) die durch diese Forscher geprüften Arten ohne Einwirkung. Das *Bact. xylinum* verwendet sie zufolge Brown (2) zur Schleimbildung. Das Sorbose-Bakterium Bertrand's (15) soll sie langsam und ohne bemerkenswerte Zwischenprodukte vollständig zersetzen. In Henneberg's (2, 7, 13) Untersuchungen bildeten mehrere Arten etwas 50 Säure; man vergleiche darüber die Tabelle auf S. 584.

Die **Sorbose**, eine der Fructose isomere Keto-Hexose, welche aus Sorbit (s. S. 581) durch die oxydierende Einwirkung von Essigsäure-Bakterien entsteht, wird zufolge Henneberg (2) weder durch dessen *Bact.*

acetigenum, *B. acetosum* und *B. oxydans* noch auch durch HANSEN's drei Arten gesäuert.

Das Verhalten zur **Maltose** kann auch ein Merkmal für die Unterscheidung der einzelnen Arten der Essigsäure-Bakterien abgeben. Dieses Disaccharid ist aus zwei Molekülen Glucose zusammengesetzt. Die dessen weitere Zersetzung entweder ermöglichende oder doch erleichternde Lösung der Kuppelung wird durch solche Bakterien-Arten zu erwarten sein, welche über das dazu erforderliche Werkzeug, das ist das Enzym Maltase (s. Bd. IV, S. 412), verfügen und also die Maltose in die durch fast alle Arten angreifbare Glucose umzuwandeln vermögen. Die Fähigkeit zur Hervorbringung dieses Enzymes läßt sich bisher nur einer Art, dem *Acetobacter melanogenum*, nachsagen, welche zufolge BEIJERINCK (6) aus Maltose reichlich Gluconsäure bildet. Nicht angegriffen wird dieses Disaccharid zufolge SEIFERT (1) durch *Bact. Pasteurianum* und *B. Kützingianum* und zufolge HOYER (1) durch *Bact. rancens var. zythi* und *B. rancens var. muciparum*. Die Mehrheit der durch HENNEBERG (2, 7, 13) geprüften fünfzehn Arten bildete aus Maltose keine Säure; durch die übrigen (insbesondere *Bact. oxydans* und *B. industrium*) kam solche zustande, ohne daß sie jedoch auf ihre Natur geprüft worden wäre. Das Gleiche gilt von TAKAHASHI's (3 u. 4) Angaben.

Von der **Saccharose** ist ungefähr dasselbe zu sagen. In A. J. BROWN's (1) Versuchen an dessen *Bact. aceti* und *B. xylinum*, in denen ZEIDLER's (3) und in späteren BEIJERINCK's (6) wurde sie nicht angegriffen. BEIJERINCK (1) hatte den Essigsäure-Bakterien ganz allgemein die Fähigkeit abgesprochen, Maltose oder Saccharose zu spalten. Dessen Schüler HOYER (1) gab jedoch an, daß sein *Bact. aceti* und sein *B. xylinum* durch die Hervorbringung des die Saccharose in ihre zwei Teilstücke (Glucose und Fructose) zerlegenden Enzymes Invertin (s. Bd. IV, S. 407) sich auszeichnen. TAKAHASHI (3 u. 4) sagt seinen Varietäten *Tanezu* des *Bact. aceti* und *B. xylinoides* Invertin-Bildung nach. In PEROLD's (1) Zuchten in gezuckertem Wein entstand Invertzucker, jedoch keine Säure, und viel Saccharose verschwand auf unaufgeklärte Weise. HENNEBERG (7 u. 13) hingegen stellte Säuerung durch einige Arten (darunter vornehmlich sein *Bact. xylinum*) fest. HOYER (1) hat die Aussaat seines *Bact. rancens* in entgeistetem Biere bei 30 Proz. sich noch entwickeln sehen, wenn diesem 50 Proz. Saccharose zugesetzt war, jedoch nicht mehr bei Anwesenheit von 60 Proz., hat also große Unempfindlichkeit festgestellt. PEROLD hingegen bemerkte an seinen Arten eine Beeinträchtigung der Säuerung (jedoch in verhältnismäßig säurereichem Wein) schon durch 3,6 Proz. dieses Zuckers.

Die **Lactose** wird nur durch wenige Arten angegriffen. In HENNEBERG's (2, 7, 13) Versuchen säuerten sie, wie aus der Tabelle zu ersehen ist, nur drei deutlich, und auch in betreff dieser ist nicht geprüft worden, ob sie zur Bildung von Lactase (s. Bd. IV, S. 420) fähig sind, also des jenes Disaccharid zu Glucose und Galactose hydrolysierenden Enzymes. Von dem Trisaccharid Raffinose ist das gleiche zu sagen.

Das **Dextrin**, das in dem in der Schnellessig-Fabrikation als Nährstoff verwendeten Stärkesirup vorhanden sein kann, wird, wie die Tabelle zeigt, durch einige Arten gesäuert und zufolge HENNEBERG (7) durch *Bact. industrium* in einen Schleimstoff umgewandelt.

Die **Stärke**, das Amylum, wurde in HENNEBERG's (7) Versuchen nur durch eine unter neun geprüften Arten (*Bact. industrium*) gesäuert, und auch durch diese nur in geringem Maße. TAKAHASHI (3 u. 4) gibt Ein-

treten von Säurebildung für seine drei Varietäten des *Bact. aceti*, hingegen Ausbleiben solcher für seine fünf Varietäten des *Bact. Kützingianum* an. Das dem Amylum nahestehende **Inulin** hat sich sowohl in HENNEBERG's (2) Versuchen an sechs Arten als auch in denen TAKAHASHI's (3 u. 4) an jenen Varietäten als unzugänglich erwiesen, wurde jedoch angeblich durch die *Tanezu*-Varietät des *Bact. xylinoides* etwas gesäuert. Das **Glycogen** schließlich wurde zufolge HENNEBERG (2) durch keine der sechs geprüften Arten (unter ihnen die drei HANSEN's) angegriffen.

Die **Bildung** von **Oxalsäure** aus Kohlenhydraten, die bei anderen Pilzen schon wiederholt Gegenstand der Untersuchung (s. Bd. IV, S. 243) gewesen ist, hat bei den Essigsäure-Bakterien zuerst W. ZOPF (3) in betreff der Glucose an HANSEN's drei Arten (*Bact. aceti, B. Pasteurianum, B. Kützingianum*), an BROWN's *Bact. xylinum* und an HENNEBERG's *Bact. acetigenum, B. acetosum* und *B. ascendens* festgestellt. FR. BANNING (1) hat in umfassenderen Untersuchungen dann auch noch ZEIDLER's *Termobacterium aceti*, HENNEBERG's *Bact. oxydans* und *B. industrium* und sein *Bact. acidi oxalici* herangezogen. Er hat die in Rede stehende Fähigkeit dieser elf Arten von Essigsäure-Bakterien an einer beträchtlichen Anzahl von Kohlenhydraten, Alkoholen und Säuren (letztere in Form ihrer Natrium- oder Kaliumsalze) geprüft. Keine einzige vermochte Oxalsäure zu bilden aus: Maltose, Raffinose, Weizenstärke, Inulin, Glycogen, Methyl-, Propyl-, Normalbutyl- oder Gärungsamyl-Alkohol, Dulcit, Ameisen-, Propion-, Normalbutter-, Baldrian-, Bernstein-, Aepfel-, Wein- oder Citronensäure, Glycocoll, Sarkosin, Kreatin, Kreatinin, Leucin, Tyrosin, Harnstoff, Harnsäure, Benzoesäure, Hippursäure, Salicylsäure. Die Glucose lieferte Oxalsäure durch jede dieser Arten, der Mannit hingegen nur durch *Bact. industrium*, die Lactose nur durch *B. Kützingianum*, die Galactose nur durch dieses letztere und durch *Termobacterium aceti*. Durch *Bact. acidi oxalici* wurde Oxalsäure bloß aus Glucose gebildet. Das Ergebnis der Prüfung der übrigen Substanzen ist in der folgenden Tabelle ver-

Oxalsäure-Bildung

durch	Kohlenhydrate						Alkohole				Säuren (Natriumsalz)					
	Fructose	Saccharose	Arabinose	Rhamnose	Isolichenin	Dextrin	Aethyl-A.	Aethylenglycol	Glycerin	Erythrit	Essigsäure 1 %	Isobutters. 0,5 %	Glycolsäure 0,25 %	Milchsäure 1 %	Malonsäure 0,25 %	Brenzweins. 0,25 %
B. aceti Hansen	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+	—	+	+	—	+	+
B. acetigenum	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+
B. acetosum	—	+	+	—	—	+	—	+	—	+	—	—	+	—	+	+
B. ascendens	—	—	+	+	—	—	—	+	+	—	—	—	+	—	+	+
B. industrium	—	—	—	—	+	—	+	—	—	+	+	—	—	—	—	+
B. Kützingianum	—	—	+	—	+	+	—	+	—	—	—	+	+	+	+	+
B. oxydans	+	—	—	—	—	—	+	—	+	+	+	—	—	—	—	—
B. Pasteurianum	—	+	—	—	—	+	—	+	+	—	—	+	+	—	+	+
B. xylinum	+	—	+	+	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Termobact. aceti	—	—	+	—	—	—	+	+	+	—	+	—	+	+	+	+

zeichnet, in welcher das Plus-Zeichen das Auftreten und das Minus-Zeichen das Ausbleiben von Oxalsäurebildung andeutet. Diese Befunde gelten, wie ja BANNING selbst betont, nur unter den durch ihn gebotenen

Züchtungsbedingungen, auf deren großen Einfluß schon auf S. 319 des Ersten Bandes hingewiesen worden ist; sie verdienen jedoch eine eingehendere Verfolgung, insbesondere auch nach der quantitativen Seite hin. HENNEBERG (13) hat der oben angeführten Schar von Oxalsäure-Bildnern noch *Bact. curvum*, *B. ascendens* und *B. Schützenbachi* angereiht. 5 Im Verlaufe der sogen. Ueberoxydation (s. S. 571) im Bildner beim deutschen Verfahren kann es zur Entstehung von Oxalsäure kommen, die sich dann im Ablaufessig vorfinden wird. Bei der Begutachtung eines Essigs wird also der Gerichtschemiker an diese mögliche Herkunft allenfalls vorgefundener Oxalsäure zu denken haben. 10

§ 131. Der Einfluß anorganischer Gifte und des Lichtes.

Der Einfluß der **schwefligen Säure** ist darum ganz besonderer Aufmerksamkeit würdig, weil gerade dieses Pilzgift in der Weinbereitung sehr viel verwendet wird, ja sogar während der Most-Gärung entstehen kann. Ueber dessen Wirkungsgröße sind schon auf S. 536 des Ersten 15 und auf S. 417 des Zweiten Bandes eingehende Angaben gemacht worden, denen hier nun einige Ergänzungen nachgetragen werden sollen. W. SEIFERT (10) hat durch vergleichende Versuche an einem dem *Bact. aceti* HANSEN nahestehenden Essigsäure-Bakterium, das aus Wein abgeschieden worden war, festgestellt, daß die Weinhefen und die Kahm- 20 pilze gegen schweflige Säure weit weniger empfindlich sind als jenes Essigsäure-Bakterium, welch letzteres selbst in größerer Menge schon durch 50 mg freier schwefligen Säure im Liter Nährlösung (Wein) abgetötet wurde, eine Gabe von 30 mg aber noch ganz gut vertrug, jedoch dadurch eine Verzögerung der Entwicklung erlitt. Eine umfassende 25 Untersuchung über die Giftwirkung der schwefligen Säure, der Sulfite und einiger komplexer Verbindungen dieser Säure hat dann E. HAILER (1) vorgenommen; ihm zufolge stehen die zur Abtötung von Spaltpilzen, Hefen und Schimmelpilzen erforderlichen Mengen dieses Giftes im Verhältnis von 1 : 4 : 5. 30

Die **aldehydschweflige Säure** findet sich, wie schon auf S. 446 des vorliegenden Bandes und auf S. 449 des Vierten Bandes eingehend besprochen worden ist, im Wein, Obstwein und Bier, allerdings in geringer Menge, selbst dann vor, wenn diese Getränke nicht geschwefelt worden sind. In ihrer Einwirkung auf Essigsäure-Bakterien hat sie in SEIFERT's 35 (10) Versuchen sich als recht schwach erwiesen; denn selbst eine Gabe von 100 mg auf den Liter Wein hat die darauf ausgesäten Reinzucht-Ueberimpfungen nicht am Aufkommen zu hindern vermocht. Wenn nun, wie PARMENTIER (1) angibt, zu seiner Zeit die Essigfabrikanten in Orléans keine geschwefelten Weine zur Essigbereitung verwendeten, so 40 kann man wohl schließen, daß in Frankreich wie heutzutage (s. S. 408) so schon vor mehr als hundert Jahren recht kräftig geschwefelt wurde.

Der **Schwefelsäure,** und zwar einer 0,05-proz. Lösung, widerstanden in HENNEBERG's (6) Waschungsversuchen an Brennerei- und Preßhefen zum Zwecke der Reinigung von den ihnen anhaftenden Essigsäure-Bak- 45 terien diese letzteren durch länger als 24 Stunden, wurden jedoch durch eine Lösung von 0,15 Proz. binnen 39 Minuten getötet. Der Einfluß des Natriumsulfates ist zuerst durch HOYER (1) an *Bact. rancens* geprüft worden; die höchste zulässige Gabe für die Entwicklung in entgeistetem Biere bei 30° C wurde zu 19,3 Proz. von dem kristallisierten 50

Salze ermittelt, das in der Menge von 20,9 Proz. die Vermehrung der Aussaat verhinderte. HENNEBERG (2 u. 7) sah gute Entwicklung in Bier noch eintreten: bei *Bact. aceti*, *B. acetigenum* und *B. acetosum*, wenn 5 Proz. des Salzes zugegeben worden waren, und bei *Bact. oxydans*, *B.* 5 *Pasteurianum* und *B. Kützingianum*, wenn ein Proz. vorhanden war. Derselbe Forscher hat, unter Verwendung des gleichen Nährbodens, gegen Ammoniumsulfat als am empfindlichsten das *Bact. Kützingianum* befunden, das nur noch bei ein Prozent Zusatz gedieh, während *Bact. aceti*, *B. acetigenum*, *B. acetosum*, *B. ascendens*, *B. Pasteurianum* und *Termo-* 10 *bacterium aceti* noch bei 5 Proz. und *Bact. xylinum* sogar noch bei 8 Proz. sich zu entwickeln vermochten. Fast zur gleichen Feststellung gelangte er in betreff des Magnesiumsulfates, nur mit dem Unterschiede, daß von den genannten Arten das *Bact. ascendens* und *B. industrium* einen 8-proz., das *Bact. Kützingianum*, wie dort, bloß einen einproz. und 15 alle übrigen einen 5-proz. Zusatz ertrugen.

Von der **Salzsäure** werden nur geringe Mengen ertragen. HENNEBERG (2) sah Entwicklung der Aussaat in Bier noch eintreten: bei einem Zusatz von 0,036 Proz. bei *Bact. aceti*, *B. acetosum* und *B. oxydans*, bei einem solchen von 0,01 Proz. bei *Bact. acetigenum*, *B. Pasteurianum* 20 und *B. Kützingianum*. Die in Preßhefe vorhandenen Arten konnte HENNEBERG (6) durch halbstündiges Waschen mit 0,36-proz. Säure abtöten. Den Einfluß des Mittels auf die Wirkungsgröße zeigte HOYER (1) an seinem *Bact. rancens*; dessen Aussaat entwickelte sich bei 30° C in entgeistetem Biere noch, wenn diesem höchstens 0,063 Proz. Säure zu- 25 gefügt waren, durch welche Menge, wenn sie in destilliertem Wasser einwirkte, schon binnen einer Stunde die Zellen abgetötet wurden. HIRSCHFELD (1) hat gelegentlich seiner Untersuchungen über den Einfluß des künstlich bereiteten Magensaftes auf die Milchsäure- und Essigsäure-Gärung an einer als *Bac. aceticus* bezeichneten Art eine Förderung der 30 Entwicklung und Oxydationstätigkeit durch einen Zusatz von 0.01—0.02 Proz. Salzsäure, deren Aufhebung durch einen solchen von 0,06—0.07 Proz. und die Abtötung der Zellen durch einen solchen von 0,12 Proz. Säure festgestellt. Für das Kochsalz gibt HOYER (1) die für die Entwicklung des *Bact. rancens* noch erträgliche Gabe in entgeistetem Bier zu 35 1,16 Proz. an. In HENNEBERG's (2 u. 7) Versuchen trat in Bier mit ein Proz. Zusatz noch Vermehrung der Aussaat bei den oben genannten sechs Arten ein; *Bact. ascendens* und *B. industrium* hingegen gediehen dabei nur wenig. Dieses Salz ruft leicht die Bildung von Involutionsformen (s. S. 549) hervor, und zwar bei *Bact. acetosum* in der Menge von 40 3 Proz. und bei *B. ascendens* schon in der Menge von einem Prozent. Wenn eine Aussaat des *Bact. rancens* in entgeistetem Bier sich vermehren sollte, durfte HOYER (1) diesem letzteren höchstens 1,48 Proz. Kaliumchlorid oder 1,32 Proz. Ammoniumchlorid oder 1,19 Proz. Kaliumbromid oder 0,83 Proz. Kaliumjodid zusetzen. Derselbe 45 Forscher folgert aus seinen Versuchen auch, daß die Giftwirkung der Säuren vornehmlich durch deren Wasserstoff-Ion (s. Bd. I, S. 493) verursacht werde; denn die freien Säuren sind weit schädlicher als äquimolekulare Mengen ihrer Salze und erweisen sich als um so giftiger, je mehr sie dissociiert sind.

50 In betreff der **Flußsäure** hatten A. JÖRGENSEN und J. CHR. HOLM (1) einige Beobachtungen angestellt, als sie das auf S. 300 u. f. des vorliegenden Bandes besprochene Verfahren EFFRONT's einer Ueberprüfung unterzogen; sie befanden das *Bact. aceti* HANSEN als sehr zählebig gegen-

über jener Säure. EFFRONT (1) machte jedoch auf den großen Einfluß aufmerksam, welchen die Beschaffenheit des Nährbodens auf den Ausfall solcher Vergiftungs-Versuche ausübt, welchen Einwurf aber JÖRGENSEN und HOLM (2) als belanglos für die Entscheidung über die Brauchbarkeit jenes Verfahrens erachteten. Weiterhin berichtete EFFRONT (2), daß auch die Essigsäure-Bakterien an hohe Gaben von jenem Gifte gewöhnt werden können, so daß sie dann in einem mit Alkohol und Essigsäure versetzten Malzauszug zu wachsen vermögen, welcher bis 12 g, Fluorwasserstoffsäure im Liter enthält; mit steigender Widerstandskraft wird ein immer geringerer Teil des Alkohols in Essigsäure übergeführt, nämlich in letzterem Falle nur 2,62 Teile aus 100 Teilen Alkohol, gegenüber 32,3 und 76,9 Teilen bei einem Zusatz von 0,5 g bezw. 0,25 g dieser Säure und 97,1 Teilen in der fluorfreien Probe. W. SEIFERT (2) hat gelegentlich seiner Untersuchungen über die Einwirkung einiger Antiseptika auf die in Most und Wein vorkommenden Organismen (Weinhefen, Mycodermen) auch ein nicht näher bezeichnetes Essigsäure-Bakterium geprüft. Es erwies sich gegen Fluorammonium, welches durch MARTINOTTI (1) für die Zwecke der Haltbarmachung des Weines empfohlen worden war, als weit weniger empfindlich als jene Sproßpilze; denn zur Verhinderung seiner Entwicklung in sterilisiertem Wein bedurfte es eines Zusatzes von mehr als 0,1 Prozent. In HENNEBERG's (6) Versuchen starben die Essigsäure-Bakterien bei Einwirkung von 0,01 Proz. binnen zwei Stunden ab. Ueber die Zulässigkeit der Flußsäure zur Haltbarmachung der Fruchtsäfte vergleiche man LOOCK (1) und R. COHN (1). Im wesentlichen aus Kieselfluorwasserstoffsäure bestehen das Hygienol G I und das Siflural, welche, ebenso wie das Grotan, das Pyricit und das Hygienol G II, auf ihre schädigende Kraft gegenüber den in der Brauerei in Betracht kommenden Kleinlebewesen durch SCHÖNFELD und HARDECK (1) geprüft worden sind. Eine als schleimbildendes *Bact. aceti* bezeichnete Art wurde bei einstündiger Einwirkung schon durch ein Proz. Hygienol G I abgetötet; von dem Siflural hingegen waren dazu 5 Proz. erforderlich.

Von der **Phosphorsäure** hatte in HIRSCHFELD's (1) Versuchen ein Zusatz von 0,1 Proz. genügt, um die Betätigung des *Bac. aceticus* zu verhindern. HENNEBERG (7) stellte fest, daß eine Entwicklung der Aussaat in Bier noch eintrat, wenn diesem 0,17 Proz. Säure zugegeben war, sofern es sich um *Bact. aceti*, *B. acetosum* oder *B. oxydans* handelte, daß hingegen für *Bact. acetigenum*, *B. Pasteurianum* und *B. Kützingianum* man den Zusatz auf 0,05 Proz. beschränken mußte. In HENNEBERG's (6) Reinigungsversuchen an Preßhefe zwecks Abtötung der anhaftenden Essigsäure-Bakterien erwies sich die einstündige Einwirkung von 0,1 Proz. Phosphorsäure als unverläßlich, ein durch 65 Minuten währendes Waschen mit 0,2 Proz. Säure jedoch für ausreichend. Vom sauren Kaliumphosphat (PO_4H_2K) werden zufolge HENNEBERG (2 u. 7) große Mengen vertragen; denn es trat in Bier noch Entwicklung der Aussaat des *Bact. acetosum* bei Anwesenheit von 12 Proz. dieses Salzes, derjenigen des *B. aceti*, *B. acetigenum*, *B. oxydans*, *B. Pasteurianum* und *B. Kützingianum* bei 8 Proz., derjenigen des *B. ascendens* bei 5 Proz. und derjenigen des *B. industrium* und *Termobacterium aceti* bei 3 Proz. Phosphat-Zusatz ein. Dieses Salz ist (unter den durch HENNEBERG geprüften) das einzige, welches, in geringer Gabe, auf das Wachstum einen fördernden Einfluß (s. S. 560) zu nehmen vermochte. Für das Natriumphosphat ($PO_4Na_2H+12\,aq$) ermittelte HOYER (1) die für die Entwicklung der Aussaat des *Bact. rancens* in entgeistetem Bier noch erträgliche

höchste Gabe zu 17,9 Proz. und die verhindernde Gabe zu 19,7 Proz. von dem kristallisierten Salze. Das Ammoniumphosphat ($N_3H_{12}PO_4$) beeinträchtigte zufolge HENNEBERG (7) in der Menge von 5 Proz. die Entwicklung des *Bact. aceti*, *B. acetigenum*, *B. acetosum* und *B. Pasteurianum* in Bier nicht.

Der **Salpetersäure** in der Gabe von 0,08 Proz. widerstanden in HENNEBERG's (6) Reinigungsversuchen an Preßhefen die diesen letzteren anhaftenden Essigsäure-Bakterien durch mindestens 46 Minuten; durch Einwirkung der doppelt so großen Menge hingegen trat binnen 42 Minuten das Absterben ein. Das Kaliumnitrat, das ja auch als Nährstoff (s. S. 561) in Betracht kommen kann, ist auf seine Giftwirkung durch HENNEBERG (2 u. 7) unter Verwendung von sterilisiertem Bier als Nährboden geprüft worden. Bei Anwesenheit von 1 Proz. Salpeter entwickelten sich noch die Aussaaten von *Bact. aceti*, *B. acetigenum*, *B. acetosum*, *B. Pasteurianum*, *B. Kützingianum* und *B. xylinum*, bei einer solchen von 0,5 Proz. eben noch die von *B. oxydans* und bei einer Menge von 0,3 Proz. noch die von *B. industrium* und *Termobacterium aceti*. Das Bismuthum subnitricum (s. S. 305) ist durch DUFOUR und DANIEL (1) in der Gabe von 10 g pro hl als Vorbeugungsmittel gegen das Auftreten des Essigstiches im Apfelwein empfohlen worden.

Gegen **Alkalien** sind die Essigsäure-Bakterien sehr empfindlich. Das *Bact. rancens* starb zufolge HOYER (1) in destilliertem Wasser binnen einer Stunde ab, wenn mehr als 0,056 Proz. Aetzkali (KOH) zugesetzt worden waren. In HENNEBERG's (6) Reinigungsversuchen an Preßhefen vertrugen die vorhandenen Essigsäure-Bakterien einen Gehalt von 0,2 Proz. Aetznatron (NaOH) bloß durch 19 Minuten und einen solchen von 0,05 Proz. durch mehr als zwei Stunden. Der Hauptmenge nach aus Natronlauge mit einem Zusatz Javelle'scher Lauge besteht das Hygienol G II, welches durch SCHÖNFELD und HARDECK (1) auf seine keimtötende Kraft auch gegenüber einer als schleimbildendes *Bact. aceti* bezeichneten Art geprüft wurde und selbst in der Gabe von 10 Proz. noch nicht Abtötung binnen einer Stunde zu bewirken vermochte. Die Giftigkeit der Soda (Na_2CO_3) prüfte HENNEBERG (2) unter Verwendung von Bier als Nährboden; in diesem kamen bei einem Zusatz von 0.6 Proz. Natriumkarbonat noch *Bact. acetosum* und *B. oxydans*, bei 0,4 Proz. noch *B. aceti*, bei 0,3 Proz. nur noch schwächlich *B. acetigenum* und *B. Kützingianum* und gar nicht mehr *B. Pasteurianum* zur Entwicklung. Die Empfindlichkeit gegen alkalische Reaktion macht auch in alternden Zuchten sich geltend, in denen, wie schon A. J. BROWN (1) bemerkt hat, nach vollständigem Verbrauch der Essigsäure die alkalischen Produkte des Stoffwechsels sich anhäufen und so vielleicht zu einer der Ursachen des reichlichen Auftretens von Involutionsformen und des Absterbens der Zellen werden.

Der Einfluß des **Ozons** auf die Essigsäure-Bakterien ist schon durch TOLOMEI (3) geprüft worden; ihm zufolge wird die Essigsäure-Gärung durch kleine Mengen dieses Gases gefördert. In SEIFERT's (2) Versuch vermochten 0,3 g Ozon, die im Verlaufe einer Viertelstunde durch einen halben Liter Wein hindurchgetrieben wurden, an den sie ca. 0,07 g abgaben, eine wesentliche Beeinträchtigung der in jenem vorhandenen Essigsäure-Bakterien nicht zu bewirken. Und auch W. SIGMUND (1) beobachtete in ähnlichen Versuchen bloß eine vorübergehende Schwächung. WILL und WIENINGER (1) haben dann im Verlaufe ihrer Untersuchungen über den Einfluß des Ozons auf die im Brauereibetriebe in Betracht

kommenden Kleinlebewesen festgestellt, daß 0,6—0,7 g Ozon im Kubikmeter Luft ausreichen, um auch die Essigsäure-Bakterien abzutöten.

Der **Einfluß** des **Lichtes** äußert sich bei den Essigsäure-Bakterien so, wie dies in dem von diesem Einflusse im allgemeinen handelnden § 98 des Ersten Bandes für die meisten Spaltpilz-Arten schon angegeben 5 ist, also schädigend. M. Giunti (1) stellte dies nicht nur für die unmittelbare Besonnung sondern sogar für das zerstreute Tageslicht fest, was auch Hoyer (1) bemerkt hat. G. Tolomei (2) zeigte hierauf, daß bloß die chemisch wirksamen Strahlen schädlich sind. Man wird also bei Versuchen im Laboratorium die Zuchten im Dunkeln halten. Ueber 10 den Einfluß ultravioletter Strahlen, die von einer Quecksilber-Lampe ausgesandt wurden, haben V. Henri und J. Schnitzler (1) einige Versuche an zwei Proben algerischen Weines angestellt. Eine halbstündige Belichtung genügte, um die in ihnen enthaltenen Essigsäure-Bakterien abzutöten oder doch so zu schwächen, daß nachher keine Säuerung mehr 15 eintrat; nur die Strahlen mit einer Wellenlänge von weniger als 302,1 $\mu\mu$ erwiesen sich als wirksam. Für die Zwecke der Haltbarmachung des Weines ist solche Behandlung jedoch nicht zulässig; denn die Farbe des Rotweines geht durch sie, wie Schnitzler und Henri (1) weiterhin beobachtet haben, in ein schmutziges Kaffeebraun über, diejenige des 20 Weißweines wird dunkler, und die eintretende Geschmacksveränderung und Ausfällung eines schwarzen Niederschlages machen das Getränk ungenießbar. Der Einfluß der Radium-Emanation, welche zufolge H. Jansen (1) das *Bact. prodigiosum* abzutöten vermag, ist im Bereich der Essigsäure-Bakterien noch nicht geprüft worden. Stärkere Ent- 25 ladungen von Elektrizität sollen zufolge G. Tolomei (1) die Entwicklung der Essigsäure-Bakterien aufzuhalten vermögen, so daß dieser Forscher, wie schon auf S. 457 des Ersten Bandes bemerkt worden ist, Weine, die zum Sauerwerden neigen, derart heilen will.

§ 132. Verhalten zu organischen Giften. 30

Die Frage nach dem Einflusse des **Aethylalkoholes** auf die Essigsäure-Bakterien ist nach mehrerlei Richtungen hin zu verfolgen. Kärglich sind die Angaben über die Abtötung entwässerter, angetrockneter Zellen durch starken, allenfalls sogar absoluten Alkohol, welch letzterer ja im allgemeinen (s. Bd. I, S. 543) weniger als der halbver- 35 dünnte leistet, welche Tatsache, nebenbei bemerkt, eine neue Bestätigung durch Stokvis (1) erfuhr, der in absolutem Alkohol lebenskräftige Keime (Sporen?) des *Bac. Megatherium* vorgefunden hat. Unter Einhaltung des schon durch Russ (1) geübten Verfahrens hat E. Chr. Hansen (8) außer mehreren *Saccharomyces*-Arten auch sein *Bact. Pasteurianum* da- 40 raufhin geprüft; dessen Zellen wurden, in dünnster Schichte angetrocknet, sowohl durch absoluten (99-proz.) als auch durch 82-proz. Alkohol binnen einer Minute abgetötet. Sobald der Alkohol nicht in konzentriertem sondern in verdünntem Zustande auf seinen Einfluß innerhalb eines Nährbodens zu prüfen ist, hat man, wie ja bei jedem Gifte 45 (s. Bd. I, S. 482), dreierlei Gesichtspunkte ins Auge zu fassen: die Abtötung, die Hemmung und die Förderung. Von den letzteren zwei Wirkungen ist jede wieder nach zweierlei Richtungen zu verfolgen, nämlich einerseits in betreff des Wachstums, also hauptsächlich der Zellvermehrung, und andererseits in betreff der Zersetzungstätigkeit, also 50

insbesondere der Säuerung. Die Größe der Gabe, welche zur Hervorbringung einer bestimmten Wirkung erforderlich ist, hängt selbst bei ein und derselben Art ganz beträchtlich von der Beschaffenheit der Umgebung ab, also von der Temperatur und von der Zusammensetzung
5 des Nährbodens, wie auch vom Alter und Vorleben der Zellen. In betreff der Abtötung gibt HOYER (1) von seinem *Bact. rancens* an, daß es bei Zimmertemperatur in Bier einem Alkoholgehalt von 13 Proz. durch zwei Tage widerstand und durch einen solchen von 15 Proz. binnen einem Tage abstarb, daß es hingegen in Wasser schon einen Zusatz
10 von 4 Proz. während der gleich kurzen Zeit nicht mehr ertrug. In HENNEBERG's (6) Versuchen (s. S. 589) wurden die in Preßhefe vorhandenen Essigsäure-Bakterien binnen 37 Minuten wohl durch 25-proz., nicht aber auch durch 20-proz. Alkohol abgetötet. Zur Erzielung der Hemmung des Wachstums, die man mit der wirklichen Abtötung
15 nicht verwechseln darf, reichen schon geringere Gaben hin. *Termobact. aceti* zeigte in ZEIDLER's (2) Versuchen noch eine (freilich erst am 10. Tage merkliche) Entwicklung in einer mit 15 Proz. Alkohol versetzten Würze. HOYER (1) ermittelte für sein *Bact. rancens* und dessen Varietäten, daß sie in entgeistetem Biere bei einer Gabe von mehr als
20 9 Proz. Alkohol nicht mehr wuchsen und daß 7,2 Proz. als Höchstmenge gilt, bei der noch Entwicklung eintrat, welche jedoch schon oberhalb 4 Proz. eine Beeinträchtigung merken ließ. Von PEROLD's (1) Essigsäure-Bakterien aus Wein vermochte die kräftigste Art noch in sterilisiertem Weine mit einem (durch Zusatz hergestellten) Alkohol-
25 gehalte von 15,5 Vol.-Proz. sich zu entwickeln und zu säuern. Gegenüber anders lautenden Angaben bei J. WORTMANN (1) und bei POSSETTO (1), welche als entwicklungshinderlichen Gehalt 13,75 bezw. 15 Vol.-Proz. Alkohol bezeichnen, betont PEROLD mit Recht, daß die Höhe dieses Gehaltes nicht unbedingt sei, sondern durch den Charakter des Weines,
30 insbesondere dessen Säurigkeit, mitbestimmt werde: säurereiche Rhein- und Moselweine brauchen zum Schutz gegen das Stichigwerden weniger Alkohol als die säurearmen Südweine. *Acetobacter plicatum* gedeiht zufolge FUHRMANN (1) in Wein bei 11 Gew.-Proz. und in Bier bei 9,5 Proz. Alkohol, wenn die Temperatur sich innerhalb 22—25° C hält. G. WIR-
35 GIN's (1) Abhandlung ist hier mehr wegen der darin gegebenen und dann durch W. KURZWELLY (1) und V. RUSS (1) ergänzten Uebersicht über die bis 1902 bezw. 1904 vorliegende Literatur betreffend den Einfluß des Alkohols auf Kleinlebewesen überhaupt anzuführen; denn ihr Verfasser war von medizinischem Interesse geleitet und prüfte vor-
40 nehmlich pathogene Bakterien (*Bac. typhi*, *Bac. anthracis*, *Bact. coli* u. a.), jedoch auch drei Essigsäure-Bakterien. Ihm zufolge zeigten in einer 15-proz. Bierwürze binnen 14 Tagen noch Entwicklung: *Bact. Pasteurianum* HANSEN bei 5 Proz. Alkoholzusatz, *Bact. aceti* H. und eine aus Fäces abgeschiedene Art bei 7 Proz., während ein Zusatz von 10 Proz.
45 keine dieser drei Arten mehr aufkommen ließ. Eine Förderung des Wachstums durch Alkohol (s. S. 562) konnte HOYER (1) in seinen Versuchen mit *Bact. rancens* nicht bemerken. Ueber den Einfluß der Größe des Alkoholgehaltes des Nährbodens auf Eintritt und Verlauf der Säuerung lauten die Befunde der einzelnen Forscher sehr ver-
50 schieden. Bei *Termobacterium aceti* trat sie zufolge ZEIDLER (2) bei höchstens 7 Proz. Alkohol noch ein. HENNEBERG (7) gibt die Grenze für *Bact. oxydans* mit 5 Vol.-Proz. und für *B. ascendens* mit über 12 Proz. an. HOYER (1) sagt von seinem *B. rancens*, daß bei diesem ein Alkohol-

gehalt, welcher das Wachstum nicht beeinträchtigt, auch keinen schädlichen Einfluß auf die Säuerung ausübt.

Die Empfindlichkeit der Essigsäure-Bakterien gegen die kohlenstoffreicheren aliphatischen Alkohole, insbesondere jene des Fuselöles, würde erst noch einer umfassenden Untersuchung zu unterziehen sein, wobei auch die durch H. Stadler (1) bemerkte Abnahme der hemmenden Wirkung bei steigendem Molekulargewichte erneut zu prüfen wäre. Denn in G. Wirgin's (2) Versuchen an *Bac. anthracis* und an Staphylokokken hatte sich ein Ansteigen der keimtötenden Wirkung bei zunehmendem Molekulargewichte (vergl. Bd. IV, S. 133) ergeben, also ganz entsprechend dem Gesetze Richardson's, über das man R. Foerster (1) vergleiche, welcher eine zusammenfassende Uebersicht über die bisher vorliegende Literatur betreffend die Wirkung der Fuselöle auf den Tierkörper gegeben hat.

Ueber die Wirkung des **Formaldehydes** als Pilzgift im allgemeinen ist schon im § 121 des Ersten Bandes gesprochen worden, der auf seiner S. 546 auch auf die größere Empfindlichkeit der Essigsäure-Bakterien hingewiesen hat. In Seifert's (2) Versuchen an einer nicht näher bezeichneten Species reichte ein Zusatz von 0,5 Proz. Aldehyd zur Verhinderung der Entwicklung der Einimpfung in sterilisiertem Weine aus. W. Henneberg (6) hat beobachtet, daß in einer mit Essigsäure-Bakterien behafteten Hefe bei deren Waschen mit 0,1-proz. Formaldehyd-Lösung durch fast drei Stunden hindurch jene Schädlinge noch nicht alle abgetötet worden waren. Weit ausdauernder erwies sich, dank seiner schützenden Hülle, eine als schleimbildendes *Bact. aceti* bezeichnete Art in den durch Schönfeld und Hardeck (1) angestellten Beobachtungen: denn es war die Einwirkung einer 2 Proz. Formalin enthaltenden Lösung durch 3 Stunden und einer solchen von 5 Proz. durch eine Stunde hindurch zur Abtötung nicht ausreichend, die jedoch durch eine 10-proz. Lösung binnen einer Stunde eintrat, während hingegen zur bloßen Entwicklungs-Hemmung ein Gehalt von weniger als 0,5 Proz. Formalin genügte. Die gleichen Zahlen gelten den letzgenannten zwei Forschern zufolge auch für das Grotan, das im wesentlichen eine wässerige Lösung von Formaldehyd und schwefliger Säure ist.

Die **Ameisensäure** war auf ihre Giftwirkung schon durch Zeidler (2) an dessen *Termobacterium aceti* geprüft worden, das bei einem Zusatz von 0,46 Proz. in Bier oder Hefenwasser keine Entwicklung zeigte. Anläßlich der Beurteilung des unter dem Namen Alacet verkauften, wesentlich Ameisensäure enthaltenden Mittels zur Verhütung der Mostgärung und zur Haltbarmachung der Weine hat W. Seifert (9) dann festgestellt, daß ein Zusatz von 0,1 Proz. von dieser Säure zu Weißwein von 7 Vol.-Proz. Alkohol die Entwicklung der eingeimpften (nicht näher bezeichneten) Essigsäure-Bakterien auf die Dauer nicht zu verhindern vermochte, sondern daß dazu 0,15 Proz. erforderlich waren. Weniger widerstandskräftig befand Henneberg (5) das *Bact. ascendens* und einige andere Arten, welche sowohl in Bier wie auch in Brennerei-Maische schon durch einen Zusatz von 0,06 Proz. vollständig unterdrückt wurden. Als noch empfindlicher erwies sich, nebenbei bemerkt, eine *Mycoderma*-Art, für welche schon 0,04 Proz. die Grenze bildeten, als weniger empfindlich hingegen (vergl. S. 304) die Brennereihefen *Rasse II* und *Rasse XII* der Berliner Station, zu deren Unterdrückung man bis zu 0,2 Proz. hinaufgehen mußte. Um eine Preßhefe von den in ihr vorhandenen Essigsäure-Bakterien zu befreien, bedurfte es in Henne-

BERG's (6) Versuchen der durch 19 Minuten andauernden Einwirkung einer 0,17-proz. wässerigen Lösung dieser Säure. V. KREPS (1) hat gelegentlich seiner Untersuchungen über das schon durch FR. CRONER und E. SELIGMANN (1) geprüfte Vorkommen von Ameisensäure in Fruchtsäften, ins-
5 besondere in Himbeer-Säften, und über deren zufolge LOOCK (1) industriell allgemein geübte Haltbarmachung (s. S. 72) durch künstliche Erhöhung des Gehaltes an jenem Pilzgifte auch beobachtet, daß es in der Menge von 0,4 Proz. nicht imstande war, den Säften einen dauernden Schutz gegen das Aufkommen von Essigsäure-Bakterien zu bieten. Dem ob-
10 genannten Alacet ähnlich ist das Fructol und das Werderol, über die man FR. CRONER und E. SELIGMANN (1) vergleiche. Das Natriumformiat ließ zufolge HOYER (1) bei 30° C in entgeistetem Biere in der Menge von 1,36 Proz. keine Entwicklung des eingeimpften *Bact. rancens* mehr zu, wohl aber noch in der Menge von 1,02 Prozent.
15 Die **Essigsäure** ist, vom Standpunkte der ökologischen Gärungstheorie (s. Bd. I, S. 330) aus betrachtet, wohl eine Waffe, welche die Essigsäure-Bakterien im Kampfe gegen andere Mitbewerber im Nährboden bilden. Sie kann jedoch schließlich ihnen selbst schädlich oder verderblich werden, sobald die Menge der entstandenen Säure den er-
20 träglichen Grenzwert erreicht hat. Eine Abimpfung aus einer derart zum Stillstand gekommenen Zucht ist aber nicht fähig, in einem im übrigen gleichartigen, jedoch etwas weniger sauren Nährboden sich zu entwickeln oder die zur Erreichung jenes Grenzwertes noch erforderliche Menge von Säure zu bilden. Die eine Beobachtung könnte man
25 dahin erklären, daß eben der Grenzwert für das Wachstum weit niedriger als der für die Säuerung ist. Für die zweite Beobachtung hingegen fehlt eine befriedigende Deutung. Schon ZEIDLER (2) hat an seinem *Termobacterium aceti* bemerkt, daß es in einer mit 3 Proz. Alkohol versetzten Würze keine Entwicklung der eingebrachten Einimpfung zeigte, wenn
30 dem Nährboden schon von Anfang an 2,2 Proz. Essigsäure zugefügt worden waren, daß es hingegen in einem von diesem Zusatze freien und sonst gleichen Nährboden die Säuerung weit über jene Grenze hinaustrieb. Für die Hemmung der Entwicklung, also die Verhinderung der Zellvermehrung, reichen nach den übereinstimmenden Erfahrungen
35 der Forscher verhältnismäßig geringe Mengen von Essigsäure aus. Gegenüber den durch NUTTALL (1) in Erinnerung gebrachten Ergebnissen der Versuche ABBOTT's (1) über die Giftigkeit verschiedener Pflanzensäuren für Bakterien hat STOKVIS (1) nicht bloß die geprüften pathogenen Arten (*Bact. typhi*, *B. paratyphi B*, *Vibrio cholerae*) und *Bact.*
40 *coli* und *Bac. prodigiosus*, sondern auch ein aus Bier abgeschiedenes Essigsäure-Bakterium als gegen Essigsäure sehr empfindlich erkannt; das letztere wuchs kaum mehr auf einem mit 2 Proz. Säure versetzten Bier-Agar. Umfassender waren HENNEBERG's (7) Versuche an einer Anzahl von Arten, von denen einige sehr kräftige Säurebildner sind. In
45 Bier als Nährboden trat bei einem anfänglichen Zusatze von 1,5 Proz. Essigsäure noch Entwicklung der Aussaat und bei einem solchen von 2 Proz. keine mehr ein bei *Bact. oxydans*, *B. industrium*, *B. acetosum*, *B. aceti* und *Termobacterium aceti*. Bei 2 Proz. Zusatz trat noch Entwicklung ein bei *Bact. Pasteurianum*, *B. Kützingianum* und *B. ascendens*,
50 welch letztere Art bis 9 Proz. Säure zu bilden vermag. Bei 3 Proz. Zusatz kam noch *Bact. acetigenum* auf. Von PEROLD's (1) Essigsäure-Bakterien entwickelten sich in einem zuvor mit Essigsäure versetzten und sterilisierten Weine die Einimpfungen von einigen Arten nicht

mehr bei einem Säurezusatz von 2,6 Proz., von anderen noch bei einem solchen von 5 Proz., von keiner aber bei einem solchen von 9,5 Prozent. Hoyer (1) gibt für sein *Bact. rancens* den Grenzwert (für entgeistetes Bier als Nährboden) zu 3,36 Proz. an; schon 3,6 Proz. lassen keine Vermehrung der Aussaat mehr zu. Diesem Forscher zufolge hat die Essigsäure ebensowenig wie der Alkohol in irgendeiner Gabe einen förderlichen Einfluß auf die Zellvermehrung. In betreff der Abtötung der Zellen hat er den Einfluß der Beschaffenheit des Nährbodens an derselben Art festgestellt: in entgeistetem Biere töteten 7,9 Proz. Säure binnen einem Tage, in Leitungswasser reichten dazu schon 1,2 Proz. aus. Die Anpassungsfähigkeit (s. Bd. I, S. 490), also die Angewöhnung an größere Gaben, ist aber auch den Essigsäure-Bakterien eigen. Henneberg (13) hat sie am *Bact. xylinoides*, Perold an seinen Arten eingehender geprüft. Sie kommt insbesondere bei den Schnellessig-Bakterien (s. S. 610) in Betracht, deren kräftigste zufolge O. Steinmetz (1) absterben, wenn der Säuregehalt im Bildner 14 Proz. übersteigt. In ihren Befunden betreffend den Einfluß der Essigsäure auf die Geschwindigkeit der Säuerung weichen die Forscher (Hoyer, Perold) voneinander ab; die Frage bedarf also erneuter Prüfung. Ueber die Angreifbarkeit der Essigsäure durch deren Erzeuger und ihre Eignung als Kohlenstoffquelle für diese letzteren sind Angaben schon auf S. 561 u. 570 gemacht worden. Mit (allerdings geringen Mengen von) Essigsäure haben die Essigsäure-Bakterien es bei der Säuerung von Wein, Bier und Obstwein immer schon zu Beginn zu tun; denn alle diese Flüssigkeiten enthalten sie, wie R. Reisch (1) neuerdings gezeigt hat, als regelmäßiges Nebenprodukt (s. Bd. IV, S. 385) der Alkoholgärung. Der schädliche Einfluß der Acetate ist durch Hoyer (1) unter Verwendung von entgeistetem Biere als Nährboden und einer Züchtungstemperatur von 30° C an dem *Bact. rancens* geprüft worden. Dessen Aussaat entwickelte sich noch bei Anwesenheit von 6,86 Proz. Kaliumacetat und nicht mehr bei 7,35 Prozent. Für Natriumacetat befand er 9,5 bezw. 10,2 Proz., für Calciumacetat 7,04 bezw. 7,92 Proz. und für Baryumacetat 1,37 bezw. 2,05 Proz. von den kristallisierten Salzen als Grenze.

Die **Propionsäure** wird im freien Zustande nach den übereinstimmenden Befunden mehrerer Forscher durch die Essigsäure-Bakterien zwar nicht angegriffen, jedoch in beträchtlicher Gabe noch ertragen. In Zeidler's (2) Versuchen wurde die Aussaat von *Termobacterium aceti* sowohl in Bier als auch in Hefenwasser durch 0,7 Proz. dieser Säure nicht an der Vermehrung gehindert. Als empfindlicher erwiesen sich zufolge Seifert (1) das *Bact. Pasteurianum* und das *B. Kützingianum*, deren Einimpfungen in Hefenwasser mit 0,47 Proz. und in ungehopfter Würze mit 0,63 Proz. Säurezusatz sich binnen 10 Wochen nicht entwickelten. Hoyer (1) befand für sein *Bact. rancens* als höchste erträgliche Gabe 0,37 Proz. für die Zellvermehrung in entgeistetem Biere bei 30° C. Das Calciumpropionat soll diesem Forscher zufolge wohl durch dessen *Bact. aceti*, jedoch nicht auch durch dessen *B. pasteurianum* oder *B. rancens* zum Karbonat oxydiert werden.

Die **Buttersäure,** und zwar die normale, ließ in der Gabe von 0,9 Proz. in Zeidler's (2) Versuchen die Entwicklung des *Termobacterium aceti* in Bier oder Hefenwasser nicht mehr zu. In denen Seifert's (1) genügte schon ein Zusatz von 0,44 Proz., um in dem letztgenannten Nährboden das Aufkommen von *Bact. Pasteurianum* und *B. Kützingianum* durch mindestens 10 Wochen zu verhindern; in gleich stark gesäuerter

Würze trat jedoch eine ganz schwache Entwicklung ein. In HENNEBERG's (6) Reinigungs-Versuchen genügte ein durch 34 Minuten währendes Waschen mit 1,5-proz. Buttersäure-Lösung, um die in einer Preßhefe vorhandenen Essigsäure-Bakterien abzutöten. Nach HOYER (1) soll eine (nicht angegebene) geringe Menge dieser Säure die Zellvermehrung des *Bact. rancens* nicht beeinträchtigen.

Mit der **Milchsäure**, und zwar der Gärungs-Milchsäure (α-Oxy-Propionsäure), treffen die Essigsäure-Bakterien oft zusammen; denn sie ist ja ein normaler Bestandteil des Bieres und Weines. In dem letzteren entsteht sie während des Lagerns beim normalen Säureabbau (s. S. 474) durch den *Micrococcus malolacticus*, der übrigens, nebenbei bemerkt, zufolge SEIFERT (7) in alkoholhaltigen Nährlösungen auch eine schwache Essigsäure-Gärung zu erregen vermag. Daß Essigsäure-Bakterien die Milchsäure in ziemlich weitgehendem Maße zu verarbeiten vermögen, ist durch SEIFERT (6), HOYER (1) und andere Forscher beobachtet worden. Dementsprechend vertragen sie auch beträchtliche Gaben. So entwickelt sich zufolge HOYER das *Bact. rancens* in entgeistetem Biere bei 30 ° C noch bei Anwesenheit von 1,12 Proz., jedoch nicht mehr bei 1,21 Proz. Milchsäure-Gehalt. Eingehende Feststellungen hat HENNEBERG (7) unternommen. Danach trat Entwicklung der Aussaat in Bier noch ein: mit einem Säurezusatz von 0,5 Proz. bei *Bact. Kützingianum* und *B. Pasteurianum*, von 0,7 Proz. bei *B. aceti*, *B. acetigenum* und *Termobacterium aceti*, von 1,0 Proz. bei *B. acetosum*, *B. xylinum* und *B. oxydans*, von 1,2 Proz. bei *B. industrium*, welches jedoch, ebenso wie alle anderen, bei 2 Proz. nicht mehr aufkam. Preßhefe konnte HENNEBERG (6) durch halbstündiges Waschen mit 2-proz. Milchsäure-Lösung von den anhaftenden Essigsäure-Bakterien befreien. Von dem Calciumlactat vertragen sie sehr viel; das *B. rancens* entwickelte sich zufolge HOYER (1) in entgeistetem Biere bei 30 ° C noch gut bei einem Zusatz von 15,4 Proz. des kristallisierten Salzes, $Ca(C_3H_5O_3)_2 + 5$ aq. Von praktischer Bedeutsamkeit ist auch das noch nicht geprüfte Verhalten einiger aromatischer Abkömmlinge der Milchsäure gegenüber den Essigsäure-Bakterien. F. EHRLICH und JACOBSEN (1) haben dargetan, daß die α-Aminosäuren (s. S. 577) durch *Oidium lactis* fast quantitativ in die zugehörigen α-Oxysäuren umgewandelt werden, so daß aus dem Phenyl-Alanin die Phenyl-Milchsäure, aus dem auch während der Käsereifung (s. Bd. II, S. 188) entstehenden Tyrosin die p-Oxyphenyl-Milchsäure und aus dem Tryptophan die Indol-Milchsäure hervorgeht, daß hingegen durch *Monilia candida* aus dem Tyrosin sowohl jene Oxysäure als auch Tyrosol (s. S. 578) entsteht.

Die **Oxalsäure** verdient aus dem doppelten Grunde eine genauere Prüfung auf ihre Giftigkeit, weil sie möglicherweise ein Zwischenprodukt der Ueberoxydation (s. S. 571) ist und aus mancherlei Zuckerarten (s. S. 588) durch Essigsäure-Bakterien gebildet werden kann. HOYER (1) gibt an, daß sein *Bact. rancens* in einem mit 0,395 Proz. von dieser Säure beschickten entgeisteten Biere bei 30 ° C keine Entwicklung der Aussaat zeigte. In HENNEBERG's (6) Reinigungsversuchen wurde durch ein auf 58 Minuten ausgedehntes Waschen mit 0,21-proz. Oxalsäure-Lösung die Preßhefe von den anhaftenden Essigsäure-Bakterien befreit. Das Natriumoxalat ($C_2O_4Na_2$) scheint in größerer Menge vertragen zu werden; in HOYER's Versuchen an obgenannter Art ließ ein Zusatz von 2,01 Proz. noch Entwicklung der Aussaat zu, ein solcher von 2,68 Proz. jedoch nicht mehr.

Die **Malonsäure** wurde zuerst durch HOYER (1) geprüft; in der Menge von 0,52 Proz. zu entgeistetem Biere hinzugefügt, ließ sie keine Entwicklung der Aussaat von *Bact. rancens* bei 30° C zu. Und auch SEIFERT (6) beobachtete deren Giftigkeit für zwei aus Weintrub und Weinessig abgeschiedene Arten.

Mit der **Bernsteinsäure**, als einem normalen Nebenprodukte der technischen Alkoholgärung, treffen die Essigsäure-Bakterien in Wein und Bier zusammen. Sie vermögen sie abzubauen (s. S. 614) und vertragen dementsprechend auch größere Mengen. Die Verschiedenheit der Empfindlichkeit der einzelnen Arten ist durch HENNEBERG (17) geprüft worden. Bei Verwendung von Hefenwasser als Nährboden trat Entwicklung der Aussaat noch ein: von *Bact. acetigenum* bei 0,5 Proz. Säurezusatz, von *B. aceti* H. bei 0,6 Proz., von *B. acetosum* und *B. xylinum*, jedoch nicht mehr von *B. industrium*, bei 1,2 Prozent. Ein Zusatz von 0,3 Proz. zu Bier verhinderte das Aufkommen des *B. oxydans*. Das Kaliumsuccinat ($C_4H_4O_4K_2 + 2$ aq) ließ zufolge HOYER (1) die Vermehrung der Aussaat in entgeistetem Biere noch zu, wenn höchstens 7,7 Proz. zugesetzt, und verhinderte sie, wenn mindestens 18,66 Proz. gegeben worden waren.

Mit der **Aepfelsäure** haben die Essigsäure-Bakterien sich insbesondere in Obstwein, also bei der Bereitung des Cider-Essigs, abzufinden, treffen auf sie aber auch im Traubenwein und im Vogelbeersaft, welch letzterer (s. S. 582) zufolge BERTRAND (15) im Oktober meist 4,0—4,5 Proz. und im November noch mindestens 1,6 Proz. an dieser Säure enthält. Des letzgenannten Forschers Sorbose-Bakterium vertrug von ihr 0,5 Proz. noch ganz gut. In HENNEBERG's (7) vergleichenden Untersuchungen in Hefenwasser zeigten bei 0,4 Proz. Säure-Zusatz keine Entwicklung der Aussaat das *Bact. oxydans* und das *B. industrium*, bei 0,6 Proz. Zusatz noch eine geringe Entwicklung das *B. Pasteurianum* und eine gute das *B. acetigenum*, bei 1 Proz. Zusatz noch eine geringe das *B. acetosum*.

Das Verhalten zur **Weinsäure**, und zwar zur Rechts-Weinsäure, ist durch HENNEBERG (7) unter Verwendung von Bier als Nährlösung geprüft worden. Bei einem Zusatze von einem Proz. von jener Säure entwickelt sich noch die Aussaat von *Bact. oxydans* und *B. industrium*, hingegen nicht mehr die von *B. xylinum*, bei einem solchen von 0,5 Proz. noch die von *B. acetosum*, bei einem Zusatze von 0,2 Proz. noch die von *B. acetigenum* und nicht mehr die von *B. ascendens*. Anders wurde, jedoch unter Verwendung von Hefenwasser als Nährboden, die Empfindlichkeit gegen Traubensäure, also gegen die racemische Form, befunden. Ein Zusatz von ein Proz. ließ die Aussaat von *Bact. industrium* nicht mehr aufkommen, bei einem solchen von 0,5 Proz. entwickelte sich noch die von *B. acetosum* und *B. xylinum*, jedoch nicht mehr die von *B. Kützingianum*, bei einem solchen von 0,36 Proz. trat Vermehrung noch bei *B. aceti*, *B. acetigenum* und *B. oxydans*, jedoch nicht auch bei *B. Pasteurianum* ein. Bei seinen Reinigungs-Versuchen an Preßhefe mittelst Weinsäure (vergl. Bd. IV, S. 137) hat HENNEBERG (6) die Abtötung der anhaftenden Essigsäure-Bakterien durch Waschen mit einer 2,5-proz. Weinsäure-Lösung während 42 Minuten erzielt. Das Seignettesalz ist durch HOYER (1) am *Bact. rancens* geprüft worden; bei Verwendung von entgeistetem Biere als Nährboden trat bei 30° C die Entwicklung der Aussaat noch ein, wenn höchstens 25,4 Proz., und blieb aus, wenn mindestens 26,8 Proz. dieses Salzes (in kristallisiertem Zustande) zugefügt worden waren.

Die **Citronensäure** erwies sich in Henneberg's (6) Versuchen als wenig schädlich; denn es bedurfte des auf eine halbe Stunde ausgedehnten Waschens mit einer 2.5-proz. Lösung dieser Säure, um die in der Preßhefe vorhandenen Essigsäure-Bakterien abzutöten.

An der **Gluconsäure** hatte schon Boutroux (1) die entwicklungshemmende Eigenschaft bemerkt und derentwegen den Zusatz von Kreide zur Nährlösung empfohlen, um hierdurch eine Erhöhung der Ausbeute an diesem Oxydationsprodukte der Glucose (s. S. 585) zu erzielen. A. J. Brown (1) bestimmte an seinem *Bact. aceti* dann die Grenze, oberhalb welcher die Säuerung in einer ohne jenen abstumpfenden Zusatz gebotenen Nährlösung merklich nachläßt, zu 0,4 Proz. Säure, als Essigsäure berechnet. Empfindlicher ist *Termobacterium aceti*, das zufolge Zeidler (2) schon bei einer Säurigkeit von 0,3 Proz. sowohl die Eigenbewegung als auch seine Einwirkung auf die genannte Hexose einstellt. In Seifert's (1) Versuchen mit *Bact. Pasteurianum* und *B. Kützingianum* wurden noch niedrigere Werte für jene Grenze gefunden, nämlich 0,12 Proz. bezw. 0,29 Proz., als Essigsäure berechnet. Zu weit höheren Werten, und zwar nicht bloß an den letztgenannten drei Arten, ist hingegen Henneberg (7) bei seinen schon auf S. 586 besprochenen Versuchen betreffend die erzielbare Ausbeute an Gluconsäure gelangt. Ebenda ist auch eine Bemerkung über die Aufzehrung dieser Säure durch die Essigsäure-Bakterien untergebracht. Eine eingehendere Prüfung der ganzen Frage ist erwünscht.

Der Einfluß der **Salicylsäure** auf die Essigsäure-Bakterien würde schon darum ein genaueres Studium verdienen, weil dieses vielleicht einen Beitrag zur Aufklärung der jedem Praktiker bekannten Tatsache erbringen könnte, daß manche Weine so schwer auf Essig zu verarbeiten sind. Die Forschungen des letzten Jahrzehntes haben das regelmäßige Vorkommen von Salicylsäure in süßen Früchten und auch im Traubenweine und Obstweine endgültig erwiesen. Darüber sind schon auf S. 659 des Ersten Bandes eingehende Angaben gemacht worden; der dort angeführten Literatur sei hier noch der Hinweis auf die Bemerkungen bei P. Süss (1) und auf die durch Formenti und Scipiotti (1) vorgenommenen Untersuchungen an italienischen Tomaten angefügt. Th. Bokorny (1) zufolge soll durch einen Zusatz von 0,5 Proz. benzoesauren Natrons oder von 0,1 Proz. Para- oder Ortho-Kresol die Entwicklung der Essigsäure-Bakterien verhindert werden können. Ein anderer Abkömmling der Benzoesäure, nämlich das Saccharin, ist durch Machleidt (1) geprüft worden; in gehopfter Würze wuchsen *Bact. oxydans* und *B. ascendens* ebenso wie die zum Vergleiche herangezogenen Hefen und Mycodermen noch gut, wenn ihr 0,5 Proz. von dem Süßstoffe zugefügt worden waren, und nicht mehr bei Anwesenheit eines doppelt so großen Zusatzes.

Das **Benzylsenföl,** welches (s. Bd. I, S. 654 u. 663) durch Myrosin-Wirkung aus dem in der Kapuzinerkresse enthaltenen Glucoside Glycotropaeolin entsteht, ist zufolge Beijerinck (5) für Essigsäure-Bakterien weniger schädlich als für *Mycoderma*, deren Wachstum schon durch die Menge von einem Milligramm jenes Senföles in 100 ccm Nährlösung vollständig verhindert wird. Man kann sich also dieses Mittels in jenen Fällen bedienen, in denen aus einer Probe von Bier, Wein und dgl. m. die Essigsäure-Bakterien auf dem Wege der Anreicherung (s. S. 602) abgeschieden und also vor Ueberwucherung durch die gleichfalls anwesenden Zellen von *Mycoderma* bewahrt werden sollen. Die Schädlichkeit des Senfsamens, also des aus ihm entwickelten Senföles, hatte

schon J. C. Leuchs (3) im Verlaufe seiner heute fast ganz vergessenen Versuche über den Einfluß verschiedener Substanzen auf die Essigsäure-Gärung bemerkt.

Das Phloxin verdient aus dem Grunde hier Erwähnung, weil es zufolge Hoyer (1) in die Essigsäure-Bakterien eindringt und sie also 5 färbt, ohne sie zu töten, wenn man davon nicht mehr als 0,01 Proz. in die Zuchtflüssigkeit gebracht hat; die zehnfache Menge übt bereits eine Hemmung auf das Wachstum aus. Gegen einen anderen roten und verwandten Farbstoff, nämlich das Eosin, erwiesen sie sich als weit empfindlicher. Das Hämatoxylin, das indigosulfosaure Natron 10 und das Methylenblau wurden hingegen als weniger schädlich befunden. Die letztgenannten zwei Farbstoffe werden, ebenso wie das Lackmus, bei Luftabschluß entfärbt, d. h. reduziert; es vermögen demnach die Essigsäure-Bakterien den ihnen nötigen Sauerstoff nicht bloß im freien Zustande heranzuziehen, sondern auch aus lockerer Bindung 15 herauszulösen. Das Mikrosol (s. S. 183) tötete zufolge Lindner und Schellhorn (1) in 2-proz. Auflösung Essigsäure-Bakterien (*Bact. zythi*) bei einstündiger Einwirkung ab.

§ 133. Der Reinzucht-Betrieb im Orléans-Verfahren.

Das Wesen des Orléans-Verfahrens im weiteren Sinne des Wortes 20 ist schon auf S. 540 dahin gekennzeichnet worden, daß eine an organischen Nährstoffen verhältnismäßig reiche alkoholhaltige Flüssigkeit eine Besiedlung mit solchen Essigsäure-Bakterien erfährt, welche auf der Oberfläche zu einer Hautdecke sich vermehren, so daß die Säuerung nur hier, also in der obersten Schichte der Flüssigkeit, sich abspielt und diese 25 letztere während ihrer Umwandlung in Essig sorgfältig vor Erschütterung oder Bewegung bewahrt werden muß, damit nicht die wirkende Hautdecke zerrissen werde, zum Teil untersinke und dadurch dem Luft-Sauerstoff entzogen werde. Die Ortsbezeichnung trägt dieses Verfahren mit Recht; denn gerade in der Gegend von Orléans ist es zu einem 30 wirklichen Verfahren geworden und hat ein Erzeugnis hervorgebracht, das einen großen Ruf erlangte. Die Essigfabrikanten daselbst waren, wie der Chemiker Fontenelle (1) bemerkt, dadurch im Vorteil, daß sie, ungleich ihren Berufsgenossen in Paris und anderwärts, sich als erste von dem Wahne befreiten, daß der Wein verdorben sein müsse, wenn 35 er guten Essig liefern solle. Während es hier der Wein war, den man säuern ließ, waren es anderwärts, in Gegenden ohne Weinbau, andere Flüssigkeiten, entweder Obstwein, welcher so den Cideressig lieferte, oder Bier, das aus irgendeinem Grunde unverkäuflich war und also dann als Bieressig verwertet wurde, oder aber geradezu für die Zwecke 40 der Essigbereitung hergestellte Maischen aus Malz, aus denen dann Malzessig gewonnen wurde und wodurch auch die Bezeichnungen Essigsiederei oder Essigbrauerei ihre Erklärung finden.

Ueber das in Orléans geübte **Verfahren** hat der Apotheker Prozet daselbst die ersten wissenschaftlichen Beobachtungen angestellt und 45 Mitteilungen gemacht. Auf ihn berief sich dann Parmentier (1). Und auf diesen letzteren beziehen sich immer wieder alle folgenden Schriftsteller, von Chaptal (1) angefangen und Pasteur nicht ausgeschlossen. Danach verwendet man daselbst liegende Fässer von ca. 660 Litern Fassungsraum. Der Boden eines jeden Fasses weist eine größere ver- 50

schließbare Oeffnung für das Füllen und Entleeren und daneben noch ein kleines Zugloch auf, durch welches die Luft eintritt. Falls die Fässer neu sind, werden sie zuvor mit Essig getränkt und ausgelaugt. Man beschickt sie zunächst mit ungefähr 150 Liter Essig und fügt 5 hierauf in Zwischenzeiten von je acht Tagen jeweils ca. 15 Liter klaren Wein so lange hinzu, bis das Faß zu vier Fünftel befüllt und sein Inhalt auch schon in Essig umgewandelt ist. Man zieht diesen dann zur Hälfte ab und macht das Faß hierauf abermals durch allmähliche Gaben von Wein ein zweitesmal fast voll. Dies wiederholt sich so oft, bis 10 schließlich (nach 6—8 Jahren) soviel Weinstein, Hefe und Essigmutter sich ausgeschieden haben, daß das Faß zwecks Reinigung entleert werden muß. Eine im wesentlichen gleiche und bloß in den Einzelheiten (Größe der Fässer u. a. m.) abweichende Beschreibung hat Pasteur (5) gegeben.

15 Das Verfahren beginnt also nicht, wie man erwarten würde, mit Wein sondern mit Essig, welchem nur wenig Wein zugefügt ist. Dieser Umweg wird zu dem Zwecke eingeschlagen, um das Aufkommen der im Wein wohl niemals fehlenden Mycodermen zu verhüten, welche, bei ihrer bald einsetzenden und eifrig sich betätigenden Vermehrungskraft, die 20 Oberfläche des Weines sehr rasch mit ihrer (allen zutretenden Sauerstoff an sich reißenden) Decke überwuchern und so den verhältnismäßig trägeren Essigsäure-Bakterien das Aufkommen unmöglich machen würden. Das Mittel zur Verschiebung des Verhältnisses zugunsten dieser Spaltpilze liegt darin, daß ihnen die Essigsäure (s. S. 596) weniger gefährlich 25 ist als jenen Sproßpilzen. Eine Vergleichung zwischen den Essigsäure-Bakterien und den Mycodermen in Hinsicht auf ihre Empfindlichkeit gegen Essigsäure ist demnach hier am Platze. Sie ist schon durch Pasteur (5) angestellt worden; er hielt ein Prozent an jener Säure für ausreichend, um das Aufkommen dieser Sproßpilze 30 zu verhüten. E. Wurm (1) hat sie jedoch später bei einer Gabe von 1,2 Proz. ausschließlich und bei einer solchen von 1.6 Proz. noch vorwiegend sich entwickeln sehen und erst durch einen Zusatz von 2 Proz. Essigsäure vollständig unterdrücken können. Einige Angaben späterer Forscher findet man auf S. 311 des Vierten Bandes. Niedriger noch als 35 der dort berichtete Befund H. van Laer's ist derjenige Hoyer's (1), demzufolge ein Zusatz von 1,0 Proz. Essigsäure zur Nährlösung die Vermehrung der in Rede stehenden Sproßpilze ausschließt. H. Leberle (1) hat an seinen vier Arten von *Mycoderma* festgestellt, daß sie in einer Bierwürze noch zu leben vermochten, welcher nicht mehr als ein Prozent 40 Essigsäure zugesetzt worden war, während hingegen von Milchsäure, Bernsteinsäure und Weinsäure, und noch mehr von Citronensäure und Aepfelsäure, beträchtlich höhere Gaben (bis 18 Proz.) ertragen wurden. Es ist demnach ein Wein von noch so hohem Gehalte an diesen letztgenannten drei Bestandteilen ungeschützt, wenn er nicht einen Zusatz 45 von Essig erhält, welcher, um sicher zu gehen, beträchtlich stark bemessen werden darf, weil ja, wie auf S. 597 dargelegt worden ist, die meisten Essigsäure-Bakterien eine weit größere Menge als ein Prozent ohne Schaden zu ertragen vermögen. Die Größe des zur Hintanhaltung der Entwicklung der Mycodermen erforderlichen Zusatzes von Essig- 50 säure wird auch durch die Höhe der Züchtungstemperatur mit bestimmt. Diese berücksichtigend, hat C. Bergsten (1) ein Verfahren ausgearbeitet, um auf dem Wege der Anhäufung aus einem *Mycoderma* und Essigsäure-Bakterien enthaltenden Biere diese letzteren abzuscheiden und dann der

Reinzüchtung zuzuführen, und hat für die (in Volum-Prozenten Normal-Essigsäure ausgedrückte) Größe des Zusatzes nachfolgende Werte ermittelt:

Temperatur	40 °	35 °	30 °	25 °	20 °	15 ° C
Normal-Essigsäure	0	5	10	15	20	25 Vol.-Proz.

Daß in dem im Bier hervorgerufenen Wettbewerbe zwischen Mycodermen und Essigsäure-Bakterien (*Bact. Pasteurianum*) die letzteren bei hoher Temperatur (42—21 ° C) und die ersteren bei niedriger Temperatur (unter 15 ° C) den Sieg davontragen, hatte schon E. Chr. Hansen (1) im Jahre 1879 bei seinen Untersuchungen über die Flora des Bieres bemerkt. Ein anderes Vorbeugungsmittel gegen das Aufkommen der Mycodermen und störender Bakterien ist zufolge Rothenbach (26) in Deutschland beliebt: man versetzt den an solchen Schädlingen reichen Wein, bevor man ihn der Säuerung überläßt, mit Alkohol oder mit starkem Essig und lagert ihn eine Zeitlang ein.

Trotz des zuvor erklärten Kunstgriffes gelingt es manchmal den Mycodermen dennoch, den Essigsäure-Bakterien zuvorzukommen. Und wenn jene Unkräuter, wie Pasteur sie nannte, einmal sich festzusetzen vermocht haben, dann behaupten sie dauernd das Feld, oxydieren den Alkohol bis zu Kohlensäure, und der Wein ist somit verloren. Dieser häufigsten, jedoch nicht einzigen Zufälligkeit zu begegnen und zudem das Eintreten der Säuerung zu beschleunigen, die Dauer ihres Verlaufes abzukürzen und also die Erzeugung zu sichern und zu steigern, war Pasteur (3) bemüht. Er schlug im Jahre 1862 vor, das (nun nicht mehr in Fässern sondern in bedeckten flachen Bottichen zu haltende) Gemisch von Essig und Wein künstlich mit einer Zucht von Essigsäure-Bakterien zu beimpfen, welche man entweder von der Hautdecke eines gut säuernden Bottichs mittelst eines Spatels abheben könne, um sie auf die Oberfläche der zu säuernden Flüssigkeiten zu übertragen, oder aber zuvor auf einer künstlichen Nährlösung heranzüchten solle. Breton-Lorion (1) führten das Verfahren in ihrer Fabrik in Orléans ein und erhielten im Jahre 1870 dafür einen Anerkennungs-Preis von seiten der Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale in Paris. In Deutschland wurde das Verfahren durch Fr. J. Otto (2) und durch P. Bronner (1) empfohlen, durch E. Wurm (1) in Breslau danach eine Anlage für Gewinnung von Essig aus Spiritus eingerichtet, ohne daß es jedoch, wie E. Chr. Hansen (3) im Jahre 1893 feststellte, dauernd Erfolg geboten hätte oder in Anwendung geblieben wäre, weder in Breslau oder sonst in Deutschland noch auch in Frankreich. Die Erklärung für das ablehnende Verhalten der Praxis ist nicht vielleicht in der Scheu vor Neuheiten zu suchen, sondern vornehmlich in zwei Tatsachen: erstens in dem weniger feinen Geschmack des nach Pasteur erzeugten Weinessigs und zweitens in der Unsicherheit des Verfahrens, das ja noch nicht mit wahren Reinzuchten arbeitete.

Als die Voraussetzungen zur Gewinnung solcher dann gegeben und das Bestehen verschiedenartiger Essigsäure-Bakterien außer Zweifel gestellt war, wiesen E. Chr. Hansen (3) und Lafar (1) im Jahre 1893 auf den durch Reinzucht-Betrieb voraussichtlich zu erreichenden Fortschritt hin. In dieser Richtung weiterbauend, hat W. Henneberg (3) dann vom Jahre 1905 an begonnen, **Reinzuchten** an Weinessigfabriken zu liefern, und zwar in Gestalt von Ueberimpfungen auf Nährgelatine oder Agar. Von diesen werden entsprechend einer durch Rothenbach (17)

gegebenen Anleitung nach und nach weitere Ueberimpfungen auf Wein hergestellt, um die Angewöhnung an den im großen zu säuernden Wein zu bewirken. Diese Angewöhnung ist auch in jenen Fällen vorzunehmen, in denen eine neue Weinsorte in die Fabrik eingeführt worden 5 ist; denn auch in dieser Hinsicht ruft jeder schroffe Wechsel, wie Rothenbach (16) gezeigt hat, Störung hervor. Im Jahre 1910 hat W. Henneberg (15) für die Bereitung des Weinessigs dann das *Bact. orleanense* und das *Bact. xylinoides* und für diejenige des Bieressigs das *Bact. rancens* und das *Bact. acetosum* als besonders geeignet bezeichnet 10 und Vorschriften für die Anwendung dieser Arten gegeben. Wenig tauglich ist, wie W. Henneberg (14) festgestellt hat, das sehr leicht sich von selbst einstellende und von Pasteur (4) für eine krankhafte Entwicklungsstufe der gutartigen Essigsäure-Bakterien gehaltene *Bact. xylinum*, weil dessen zu üppige Wucherung infolge ihres großen (manch- 15 mal durch einen Mann allein kaum zu hebenden) Gewichtes leicht als Ganzes untersinkt und infolgedessen die Säuerung zum Stillstehen kommt. Zudem läßt diese Bakterienart auch in ihrer Leistung manches zu wünschen übrig; denn sie säuert langsam, verzehrt viel Alkohol und verursacht schlechten Geruch. Arten, deren Hautbildung ohne jeglichen 20 festen Zusammenhang ist, und die also die Flüssigkeit leicht trüb machen, wie *Bact. ascendens* und *Bact. vini acetati*, sind hier ganz unbrauchbar. Arten mit geringer Säuerungskraft, wie *Bact. acetigenum* und die meisten Bieressig-Bakterien, sind in der Weinessig-Fabrikation zu meiden. Man vergleiche dazu auch W. Hoffmann (1).

25 Dechert (1) hat im Jahre 1906 ein Patent auf eine neue Art der Verbindung der in gleicher Höhe aufgestellten Botticheegenommen, bei welcher die Flüssigkeit unterhalb der Hautdecke des einen Bottiches durch Heber abgezogen und nach der Tiefe der Flüssigkeit des nächsten Bottiches hinübergeführt wird. H. Frings (2), dem wir bereits die Ein- 30 führung des bei Hassack (1) beschriebenen Glasdreharmes als Verteilers für Weinessig-Fabriken nach dem deutschen Verfahren verdanken, hat ein Mittelding zwischen diesem Verfahren und dem in Orléans geübten durch eine im Jahre 1906 ihm patentierte Arbeitsweise geschaffen, durch welche in verschlossenen Schiffen mittelst ruhender Decken von Rein- 35 zucht-Bakterien aus steriler Maische diese letztere durch einmaligen Durchgang zu fertigem Essig wird. Man vergleiche auch Wilke's (1) Bemerkungen. Ueber die nach dem Orléans-Verfahren geübte Bereitung von Essig aus vollkommen vergorenen Malz- und Getreide-Maischen (Malzwein) gibt W. Hoffmann (3) einige Winke.

40 Durch das **Pasteurisieren** des zu säuernden Weines wird man dem Reinzucht-Verfahren erst die zuverlässige Unterlage schaffen: denn man beseitigt dadurch alle im Weine vorhandenen Mitbewerber, darunter auch solche aus der Schar der (in diesem Falle als „wilde" zu bezeichnenden) Essigsäure-Bakterien selbst, welche, wenn sie irgend zur Mit- 45 arbeit gelangen, den Geschmack des werdenden Essigs beeinträchtigen können. Dazu dienliche Vorrichtungen hat schon Pasteur (5) beschrieben. R. Heinzelmann (1 u. 2) hat zweimal eine (durch 160 Abbildungen unterstützte und bis zum Jahre 1906 reichende) Darstellung der Erfindungen auf dem Gebiete des Pasteurisierens des Bieres (s. S. 196) ge- 50 liefert, auf welche hier empfehlend hingewiesen sei; denn es läßt sich aus ihr, obzwar sie fast nur dieses Getränk betrifft, doch auch manches für das Pasteurisieren des Weines und die Haltbarmachung des Essigs lernen, die wir nun betrachten. Dieser letztere ist durch seinen

Säuregehalt wohl gegen viele Zersetzungserreger gefeit, jedoch manchen säureliebenden noch immer zugänglich und erfährt durch diese nach und nach eine Einbuße an Säure, zudem auch Trübung und Verschlechterung des Geschmacks. In bösen Fällen geht das sogen. Schwachwerden bis zum völligen Verschwinden der Säure, worauf der Essig dann einer Art 5 fauligen Zersetzung anheimfällt. Dagegen gibt es nur ein Vorbeugungsmittel, und das ist eben das als Pasteurisieren bezeichnete Verfahren, das ja in Europa (s. Bd. I, S. 548), allerdings noch nicht unter diesem viel später gegebenen Namen, zu allererst gerade am Essig erprobt und angewendet worden ist, und zwar schon durch SCHEELE (1) im Jahre 10 1782. Eine durch W. HENNEBERG (11) angestellte Untersuchung hat, in Uebereinstimmung mit vorgängigen Versuchen SEIFERT's (3), ergeben, daß ein Erwärmen des Essigs durch wenige Minuten bei einer Temperatur von 48—50° C ausreicht, um ihn dauernd haltbar zu machen, sofern er weiterhin in dicht verschlossenen Gefäßen aufbewahrt wird. 15 Angaben über Pasteurisier-Apparate für Essig findet man auch bei ROTHENBACH (6) und HASSACK (1).

Die **Lebensdauer** der **Reinzuchten**, welche für ein bakteriologisches Laboratorium insbesondere dann wichtig ist, wenn dieses in bestimmten Zeitabschnitten wiederholt an eine Fabrik solche zu liefern hat, soll in 20 betreff der Essigsäure-Bakterien hier besprochen werden. Eingehendere Untersuchungen über diese Frage hat HANSEN (3 u. 4) angestellt. Er hat als längste Lebensdauer auf Lagerbier bei Zimmertemperatur für sein *Bact. aceti* mehr als 9 Jahre, für *B. Pasteurianum* mehr als 10 Jahre, für *B. Kützingianum* mehr als 7 Jahre und für *Termobacterium aceti* mehr 25 als $3^1/_2$ Jahre festgestellt. In manchen Fällen waren jedoch Zuchten der zweitgenannten Art schon nach 1—2 Jahren und der dritten nach 5 Jahren nicht mehr entwicklungsfähig. ZEIDLER (2) hatte Zuchten seines *Termobacterium aceti* in Bier oder Würze bei Zimmertemperatur nach 5 Monaten noch entwicklungsfähig, nach 6 Monaten jedoch abge- 30 storben befunden. Bei Aufbewahrung der Zellen in Wasser oder in 10-proz. Saccharoselösung erwies sich in HANSEN's Versuchen die Lebensdauer als weit kürzer, nämlich 9—24 Monate. An kleinen Stücken von Platindraht behutsam angetrocknet, bewahrten die Zellen der erstgenannten drei Arten durch ungefähr 5 Monate ihre Entwicklungsfähig- 35 keit. Letzteres Verhalten ist wertvoll für die Beurteilung des Ausdauerns im Staube der Luft und für die Zwecke der Versendung einer Probe auf weite Strecken hin.

Von den **Vorteilen** des **Reinzucht-Verfahrens** ist einer unter allen Umständen gewiß, das ist die Fernhaltung der *Anguillula aceti*, also des 40 sogen. Essigälchens, das ungefähr 1,0—1,5 mm lang ist. Die Beschreibung dieses Fadenwurmes fällt nicht in den Aufgabenbereich dieses Buches; W. HENNEBERG (8) hat unter Anführung der vorgängigen Literatur und auf Grund eigener Untersuchungen und solcher ROTHENBACH's eine eingehende Darstellung der Entwicklungsgeschichte und der Lebens- 45 bedingungen dieses Schädlings gegeben, welche auch in die Bücher von ROTHENBACH (25) und von HENNEBERG (17) übergegangen ist. Im Essigbottich nähren sich die Würmchen von den Bakterien der säuernden Hautdecke und sammeln sich, weil luftbedürftig, hauptsächlich oberhalb dieser ringsum als ein dicker Belag an der Bottichwand an, finden sich 50 aber auch darunter in der obersten Schichte der Flüssigkeit. Das letztere wird das Gewöhnliche in einem Bottich sein, welcher erst zu säuern beginnt, dessen Hautdecke also erst in Bildung begriffen ist, woran sie

aber durch die schlängelnde Bewegung der nach Luft ringenden Würmchen unaufhörlich gestört wird. PASTEUR hat diesen Kampf sehr anschaulich geschildert, und der Wunsch nach Ausschaltung dieses unappetitlichen Störenfriedes war ihm auch der erste Anlaß zur Ausarbei-
5 tung seines neuen Verfahrens gewesen. Die Abtötung der Essigälchen in einem mit ihnen behafteten Essig ist durch Pasteurisieren leicht zu erreichen; denn zufolge HENNEBERG (11) genügt dazu ein durch zwei Minuten währendes Erhitzen des Essigs bei 46 ° C. Bei Mangel eines Pasteurisier-Apparates kann das Absterben auch durch Zusatz von Koch-
10 salz erzielt werden; nach WÜSTENFELD, ROSSMANN und FOEHR (1) tritt es durch 1—2 Proz. Salz binnen einer Woche ein. Ueber die hygienische und diätetische Seite des Vorkommens dieser Würmer im Speiseessig vergleiche man auch G. LINDNER (1). Weil diese Tiere auf organische Nahrung angewiesen sind, werden sie in dem an solcher reicheren Weinessig
15 leichter als im Schnellessig sich vermehren, der zudem meist stärker sauer ist. Sie sterben zufolge R. LÜDERS (1) bald ab, wenn sie in verdünnte Essigessenz gebracht worden sind. Nicht bloß gegen Essigsäure sondern auch gegen andere Gifte erweisen sie sich als ziemlich widerstandskräftig. Dazu vergleiche man außer den auf S. 611 zu findenden
20 Bemerkungen auch die Angaben bei HENNEBERG (8), bei P. LINDNER und SCHELLHORN (1) betreffend das Mikrosol und die bei G. WESENBERG (1), welch letzterer gelegentlich seiner im übrigen an Pilzen der Gärungstechnik vorgenommenen vergleichenden Untersuchungen (s. Bd. I, S. 543) über die Tauglichkeit der unter den Namen Afral, Antiformin, Mycelicid,
25 Antigermin und Mikrosol in den Handel gebrachten Gifte auch das Essigälchen auf seine Empfindlichkeit gegen die zwei letztgenannten geprüft hat. Zufolge R. SADEBECK (1) werden diese Schmarotzer zuweilen von einem Parasiten aus der Gruppe der Pythiaceen (s. Bd. I, S. 205), dem *Pythium Anguillulae aceti*, befallen und getötet.
30 Das Vorkommen von Amöben in den Betrieben für Essigerzeugung ist erst noch einer genaueren Prüfung zu unterziehen. Deren Eigenschaft als Hefenfresser hatte schon M. REESS (1) in seinen Zuchten bemerkt. In ungenügend behüteten Sporenkulturen (s. S. 168) hat P. LINDNER (1) sie oft auftreten sehen, dessen Beobachtungen dann durch W. HENNE-
35 BERG (16) bestätigt und durch die Beschreibung einer neuen Art ergänzt wurden. Eine andere Art fand noch später T. CHRZASZCZ (1) auf gärendem Most von moniliafaulen Birnen. Verschieden von diesen, auch durch ihre Abneigung gegen Bierhefe, ist die durch BEIJERINCK (2) von faulen und in Rohgärung geratenen Weintrauben abgeschiedene Amöben-Art,
40 deren Reinzüchtung gelang, sofern als Nahrung entweder die zugespitzte Hefe oder Essigsäure-Bakterien geboten wurden, welch letztere hingegen der durch CHRZASZCZ beschriebenen Art nur sehr wenig genehm gewesen waren.

§ 134. Die biologischen Verhältnisse im Bildner beim deutschen
45 Verfahren.

Die Geschichte des Werdeganges der Schnellessig-Fabrikation ist gerade in dessen entscheidendem Wendepunkte schon von Anfang an mit dem Schleier des Geschäftsgeheimnisses bedeckt gewesen, und ein solches wird, nach einem bei PARMENTIER (1) angeführten alten fran-
50 zösischen Sprichwort, durch den Essigmacher zuverlässiger behütet als

irgend ein anderes. Aber auch die Entwicklung bis dahin und seitdem ist in manchen Einzelheiten nicht hinreichend genau festzulegen. Fr. J. Otto (1) macht im Jahre 1840 in seinem Lehrbuche in dieser Hinsicht keinerlei Angaben, weder nach Person noch nach Zeit, und P. Bronner (1) geht in dem seinen aus dem Jahre 1876 mit einigen aus zweiter Hand 5 übernommenen und zum Teil unzutreffenden Bemerkungen nur flüchtig darüber hinweg.

Der Ausgangspunkt dieser neuen Richtung war durch ein Verfahren gegeben, welches, wie A. Schrohe (3) festgestellt hat, zuerst durch den deutschen Chemiker Glauber (1) im Jahre 1654 beschrieben worden ist, 10 dessen Darlegungen dann Boerhaave (1) im Jahre 1732 in sein Buch hinübernahm. Es stand damals schon seit langem in Uebung, und zwar sowohl in Nordfrankreich als auch in den Niederlanden, welch letzteres Land zu jener Zeit große Mengen von Essig teils zum Vertrieb durch seinen ausgedehnten Welthandel, teils zur Bereitung des Bleiweißes nach 15 dem holländischen Verfahren erzeugte. Dieses (also zu Unrecht nach Boerhaave benannte) Verfahren ist vermutlich aus der Beobachtung hervorgegangen, daß Weintrester, welche als Abfall fortgeworfen worden sind oder auf der Oberfläche der in Alkoholgärung begriffenen Rotwein-Maische (s. S. 387) schwimmen, rasch und reichlich sauer werden. An 20 die Stelle der nicht zu jeder Jahreszeit verfügbaren Trester traten dann die haltbaren und versendbaren Trauben-Stiele (Kämme), die so auch zu einem Gegenstand der Ausfuhr aus Frankreich nach den Niederlanden wurden. Boerhaave verwendete zwei oben offene Bottiche oder aber zwei aufrecht gestellte Fässer, deren oberer Boden weggenommen worden 25 ist. In einiger Entfernung von dem unteren Boden setzt man einen Rost ein, auf dem zunächst Weinreben und auf diesen soviel Traubenkämme zu liegen kommen, daß der Bottich zu mehr als der Hälfte mit ihnen beschickt ist. Den einen der beiden derart hergerichteten Bottiche (Fässer), die an einem warmen Orte (25—27° C) aufgestellt sind, gießt 30 man dann ganz und den anderen halb mit Wein voll. In letzterem tritt bald so kräftig Säuerung ein, daß die Temperatur in ihm binnen 24 Stunden hoch ansteigt. Man gießt diesen Bottich nun aus dem anderen voll, so daß jetzt in letzterem (nur halb befüllten) Bottich die Säuerung sich einstellt, worauf er wieder aus dem ersten gefüllt wird. Und so 35 soll man das Umgießen durch 15—20 Tage hindurch wiederholen, worauf der Essig dann gar ist. Als gegen Ende des achtzehnten Jahrhundertes die Wirkung des Luftsauerstoffs bei der Essigsäure-Gärung festgestellt worden war, ging man dazu über, das Maischgut in liegenden Fässern, die zu zwei Dritteln damit beschickt waren, unterzubringen und diese 40 mehrere Male im Tage zu rollen, worauf jeweils wieder das Spundloch geöffnet wurde. Hier haben wir also bereits den bis auf das Luftloch ganz geschlossenen Bildner vor uns.

Der nächste Schritt zur Verbesserung, der, wie J. C. Leuchs (3) vermutet, noch vor dem Jahre 1814 geschah, bestand in der Anwendung 45 eines aufrecht stehenden Bottichs, der auch oben (bis auf ein Abzugloch) verschlossen war und nur in seiner halben Höhe ein Luftloch oberhalb des Spiegels der darin stehenden Flüssigkeit aufwies. Die weiteren Stufen der Entwicklung des Verfahrens bis zu der alsbald zu kennzeichnenden Verbesserung durch Schützenbach sind in Dunkel gehüllt. 50 Tatsache ist, daß Döbereiner (1) im Jahre 1816 in seinem Leitfaden und C. W. Juch (1), K. Kastner (1) und J. Westrumb (1) im Jahre 1818 in ihren Büchern über Essigbereitung, L. W. Juch im Jahre 1820 in

seiner mit Anmerkungen versehenen Uebersetzung von PARMENTIER's (1) Werk und DÖBEREINER (4) im Jahre 1822 in seiner Gärungschemie noch keinerlei Andeutung nach dieser Richtung hin machen.

So war es wohl etwas Neues, was SEBASTIAN SCHÜTZENBACH zu Eudingen im Breisgau in Baden durch die Tagesblätter im Sommer 1823 den Essigfabrikanten zum Preise von 1500 Talern und unter der weiteren Bedingung anbot, es „keinem anderen für oder ohne Geldleistung mitzuteilen", nämlich ein Verfahren, um „einen dem echten Weinessig gleichen, sehr starken Essig innerhalb achtundvierzig Stunden fabriksmäßig zu erzeugen." Ein Jahr darauf arbeitete schon die größte Fabrik in der Nähe Berlins nach diesem neuen Verfahren. KASTNER (3) gibt freilich an, das er schon im Sommer 1823, also genau zur Zeit des öffentlichen Angebots SCHÜTZENBACH's, einige Versuche angestellt habe, dahin gehend, Treber durch Buchenholzspäne zu ersetzen und über sie den auf ca. 25° C angewärmten Spiritus hinabtröpfeln zu lassen. Es kann ihm also vielleicht, wie LEUCHS (3) annimmt, die Empfehlung dieses neuen Füllmateriales zugeschrieben werden, nicht aber, wie ZIER (1) meinte, auch die Erfindung des ganzen Verfahrens, welches er (2) noch in seinem Buche vom Jahre 1828 mit keinem Worte erwähnt. Vorbild für diese Art der Berieselung waren ausgesprochenermaßen sowohl bei KASTNER als auch bei anderen die in der Salzsiederei gebräuchlichen Gradierwerke gewesen und danach hieß man den Bottich auch G r a d i e r f a ß, so noch bei ALDEFELD (2) im Jahre 1840, obwohl WAGENMANN (1) schon im Jahre 1832 ihn mit der Bezeichnung E s s i g b i l d e r belegt hatte, welche später dann in E s s i g b i l d n e r umgewandelt wurde.

Das Geheimnis von SCHÜTZENBACH's Verfahren scheint zunächst gut gewahrt worden zu sein; denn TOUCHY (1) weiß im Jahre 1829 noch nichts darüber zu sagen. J. G. und E. M. DINGLER (1) betonen in ihrer im Jahre 1831 gegebenen Beschreibung eines ähnlichen Verfahrens, welches nach WAGENMANN's (1) Versicherung demjenigen SCHÜTZENBACH's sehr nahe kommen solle, daß sie nicht wüßten, inwieweit das ihre mit diesem letzteren übereinstimme. Hingegen lieferte HERMBSTÄDT (2) im gleichen Jahre 1831 eine Darstellung, welche dem damals geübten Verfahren zu entsprechen scheint. Noch eingehender ist es dann fünf Jahre darauf bei KIRCHHOF (1) beschrieben, das ist noch vier Jahre vor Ablauf (1840) der ausbedungenen Dauer der Geheimhaltung. FONTENELLE (1) bringt im Jahre 1836 in der zweiten Auflage seines Buches nur DINGLER's Verfahren allein.

SCHÜTZENBACH's Erfolge spornten manchen anderen dazu an, entweder auf dem Wege eigener Versuche ein gleichwertiges Verfahren zu erreichen, oder aber durch Versuchung anderer sich jenes Geheimnis zu erschleichen. Durch C. WAGENMANN (1) wurden im Jahre 1832 sowohl LEUCHS (2) als auch SCHMOGROW in dieser Richtung bezichtigt. HERMBSTÄDT (2) stellte diese zwei und auch SCHÜTZENBACH als geldgierige Geheimniskrämer hin und fand damit Beifall bei ALDEFELD (2), der noch einige andere Namen anfügte und die Ehre der Erfindung dem schon genannten Chemie-Professor KASTNER zuschrieb, was jedoch auch nicht den Tatsachen entspricht. HERMBSTÄDT erklärte für den ersten Erfinder den englischen Essigmacher J. HAM (1), dessen Patent jedoch, wie schon C. WAGNER (1) betont hat, nicht nur der Zeitfolge nach sondern auch in der Ausführung und in der Leistung rückständig ist. Gleichgiltig, wie stark SCHÜTZENBACH und wie stark die übrigen sich an dem Ausbauen des Schnellessig-Verfahrens beteiligt haben, so sind doch sie alle auf deutschem Boden

tätig gewesen, und danach kann man es mit gutem Grunde auch in Deutschland als das *deutsche Verfahren* bezeichnen, wie das die Franzosen schon seit langem tun.

Der **Grundgedanke** dieses **Verfahrens** ist wohl aus Döbereiner's Versuchen (s. S. 540) entsprungen und lockte also zu dem Bestreben, dem zu säuernden Essiggute dadurch eine rasche und reichliche Oxydation zu sichern, daß man es in dünnster Schichte einem Luftstrome langsam entgegenführe. Ueber die zweckmäßigste Art der Erfüllung dieser Anforderung drehten sich zunächst die Bemühungen. Den wahren Erfinder für jeden einzelnen Fortschritt festzustellen, ist angesichts der oben gekennzeichneten Sachlage heute nicht mehr möglich. J. G. und E. M. Dingler (1) beschreiben noch im Jahre 1831 den Bildner als ein Faß, welches oben mit einem in zwei Hälften zerlegten und auf einer kreisrunden Leiste aufliegenden Deckel verschlossen ist, den man nur dann abhebt, wenn man das Maischgut mittelst einer Gießkanne auf die Holzspäne aufspritzt, was alle 12 Stunden zu geschehen habe, worauf er sofort wieder aufgelegt werde, um Verluste an Alkohol und Säure durch die Verdunstung zu verhindern. Zufolge Aldefeld (2) verdankt man Leuchs die Anbringung des Kranzes von acht Eintrittslöchern für die Luft in dem unteren Teile des Bildners und die Herstellung des oberen Verschlusses durch einen Siebboden, durch dessen feine Löcher kurze Bindfaden-Stücke hinabhängen, welche das auf jenen aufgegossene Essiggut als feinen Regen langsam und stetig auf die Späne hinabtröpfeln lassen. Aldefeld (1) empfahl dann den Ersatz des oberen Siebbodens durch eine Siebbütte und der leicht verschleimenden Wollfäden (oder Roßhaare) durch kantig geschnittene Holzstifte. In seiner durch Wagner (1) gelobten Abhandlung hat Zier (1) die durch Leuchs gegebene Einrichtung des Bildners verändert und mit einer Vorrichtung zum Auffangen der entweichenden Essigdämpfe versehen. C. F. Salzer (1) wollte die Holzspäne zum größten Teile dadurch überflüssig machen, daß er vier bis fünf Siebböden untereinander in den Bildner einsetzte, was jedoch schon Wagner (1) als unpraktisch tadelte. Später führte man vervollkommnete Aufgießvorrichtungen ein, so den Kipptrog und das dem Segner'schen Wasserrad nachgebildete Spritzkreuz. Ueber die heutzutage gebräuchlichen *Aufguß-Vorrichtungen* zur selbsttätigen Verteilung des Essiggutes, so z. B. die von Frings (1, 2, 3), findet man ausführliche Angaben bei F. Rothenbach (20) und bei P. Hassack (1). Auf des letzteren neues Buch sei auch in betreff aller übrigen Einzelheiten des Betriebes hiermit verwiesen. Ueber die durch H. Heller (1), W. J. Lenze (1) und J. Clasing und K. Gilsdorf (1) unter dem Namen *Kastenbildner* bezw. *Kammerapparat* vorgeschlagene viereckige Gestalt und innere Einrichtung der Bildner für die Großerzeugung von Spritessig vergleiche man Rothenbach's (21) Bemerkungen.

Weniger rasch als die Einrichtung der Bildner vervollkommnete sich die Einsicht in deren **Wirkungsweise.** Ansätze zur Erkenntnis sind zunächst nur spärlich zu finden, so bei A. L. Trenn (1), welcher gelegentlich der Beschreibung des so wichtigen Einsäuerns der Holzspäne eines frisch in Betrieb zu setzenden Bildners ironisch auf den Widerspruch hinweist, daß einerseits nach den Behauptungen der Theoretiker (Berzelius u. a.) die Essigsäure selbst das Ferment sei und daß andrerseits nach den Erfahrungen der Praktiker eine zu weit getriebene Steigerung des Gehaltes des Essiggutes an diesem angeblichen Fermente

die Essigbildung erschwert und sogar unmöglich macht. TRENN selbst war jedoch auch nicht frei von Beeinflussung durch die Theoretiker; er betrachtete die im Bildner sich abspielende Umsetzung noch im Jahre 1850 unter dem Gesichtspunkte der elektrochemischen Theorie des BER-
5 ZELIUS, so wie dies vor ihm ZIER (1) und HERMBSTÄDT (2) im Jahre 1831 und bald darauf auch WAGENMANN (1) schon getan hatten. P. PFUND (1) stellte sich noch im Jahre 1874 fest an die Seite LIEBIG's (6), weil auch er, so wie dieser schon vier Jahre zuvor (s. S. 542), auf den Spänen keine Bakterien hatte vorfinden können. P. BRONNER (1) hingegen hielt zwei
10 Jahre später es für wahrscheinlicher, daß der „Essigpilz" das treibende Agens sei. Wie E. CHR. HANSEN (9) bezeugt, war es FR. LAFAR (1), welcher die ersten Untersuchungen über die in der Schnellessig-Fabrikation wirksamen Bakterien und deren Reinzüchtung anstellte. Im gleichen Jahre 1892 sprach O. STEINMETZ (1) auf Grund seiner Erfahrungen im
15 Betriebe die Vermutung aus, daß man hier mit verschiedenen Arten zu rechnen haben werde. ROTHENBACH (2 u. 4) und HENNEBERG (2) haben unter wesentlich günstigeren äußeren Bedingungen dann vom Jahre 1897 an in der angegebenen Richtung fortgearbeitet und uns einige Arten kennen gelehrt, deren Beschreibung schon auf S. 559 gegeben worden
20 ist. So war denn die neue Gruppe der Schnellessig-Bakterien gegründet. Nach allgemeiner Annahme sollen sie durch Variation (s. S. 550) aus anderen Arten langsam herangebildet worden sein. ROTHENBACH (2 u. 4) hieß sie „akklimatisierte" Organismen, d. h. Arten, denen allmählich die Fähigkeit anerzogen worden ist, unter bescheideneren und
25 ungünstigeren Bedingungen mehr als vordem zu leisten. Beispiele solcher Angewöhnung in Hinsicht auf die Steigerung der Säuerungskraft hat ROTHENBACH (25) gegeben, der auch das Weinessig-Bakterium *Bact. ascendens* in ein Schnellessig-Bakterium umgewandelt haben will.

Nachdem W. HENNEBERG (3 u. 12) im Jahre 1905 in einer kleinen
30 Versuchsanlage mit absoluten **Reinzuchten** einen Schnellessig von mehr als 9 Proz. Säuregehalt erzielt hatte, ging F. ROTHENBACH (3 u. 24) noch im gleichen Jahre zur Einführung von Reinzuchten in den Betrieb der ihm unterstellten Versuchs-Essigfabrik über und dehnte sie im nächsten Jahre auf alle neun Bildner aus, welche entweder mit *Bact. Schützen-*
35 *bachi* oder mit *Bact. xylinoides* beimpft wurden und es auf einen Säuregehalt von 11,5 Proz. brachten. Wenn ein Bildner mit einer Reinzucht in Betrieb gesetzt werden soll, muß er selbstverständlich zuvor keimfrei gemacht werden, was durch Ausdämpfen geschieht; man sehe darüber bei ROTHENBACH (10) nach. Die zu verwendende Zucht wird zuvor nach
40 und nach an das Ertragen großer Mengen von Alkohol und Säure einerseits und Armut an organischen Nährstoffen andrerseits gewöhnt; man vergleiche darüber ROTHENBACH (17 u. 19). Ist ein Bildner derart in Gang gesetzt, dann liefert er in seinem fertigen Ablaufessig das Mittel, um andere Bildner und andere Fabriken mit Anstellessig zu versorgen.
45 Für die Zwecke des Studiums des Betriebes der Schnellessig-Fabrikation im kleinen haben SCHRADER (1) und WILKE (2) je einen Laboratoriums-Apparat empfohlen. In die große Praxis ist das Reinzucht-Verfahren bisher noch nicht eingedrungen. Auf die hier zu erwartenden Schwierigkeiten weist auch H. WÜSTENFELD (1) in einem Aufsatz hin, in welchem
50 er über neue Versuche (seit 1911) berichtet.

Die **biologischen Verhältnisse** in den einzelnen Bildnern der nicht mit Reinzucht arbeitenden Fabriken sind noch nicht genügend aufgedeckt. Wichtig ist vor allem die Frage, ob bei dem Mehrbildner-Betrieb, bei

dem also der Ablauf des einen Bildners (A) zwecks Verstärkung dann durch einen zweiten (B) oder sogar dritten (C) Bildner geführt wird, die Flora in diesen dreierlei Bildnern die gleiche ist. Fr. Rothenbach (2) hält auf Grund seiner Untersuchungen dafür, daß in den einzelnen Bildnern (A, B, C) einer Gruppe die gleichen Arten von Spaltpilzen 5 wirken, die jedoch staffelweise an höhere Säuremengen sich gewöhnt haben und eben darum aber auch gegen raschen Wechsel des Gehaltes an Alkohol oder Säure sehr empfindlich sind. Mit jener Steigerung der Widerstandskraft ist eine Verringerung der Vermehrungskraft verbunden, so daß man im A-Bildner den größten und im C-Bildner den geringsten 10 Keimgehalt vorfindet. Henneberg (17) weist mit Recht darauf hin, daß beim Dreibildner-Betrieb die Temperatur im A-Bildner am höchsten (35—38° C), die im C-Bildner am niedrigsten (28° C) und die im B-Bildner dazwischenliegend (33° C) sei, was zu einer Auslese führen müsse. Die gleiche Folgerung wird man aber auch auf die verschiedenen Stellen 15 innerhalb ein und desselben Bildners anwenden dürfen, in dessen Mitte eine höhere Temperatur als an den ferner liegenden Punkten herrscht. Es kann demnach die Flora mannigfaltig sein. Damit könnte man auch Rothenbach's (3) Angabe erklären, der in einem Falle bei Einbildner-Betrieb den Säuregehalt des Ablaufessigs bis auf 14,7 Proz. hinaufzu- 20 treiben vermocht hat. Es sei auch daran erinnert, daß *Bact. Schützenbachi*, *B. curvum* und *B. orleanense* zusammen in ein und demselben Bildner angetroffen und aus ihm herausgezüchtet worden sind. Makroskopisch läßt sich auf den Spänen gesunder Bildner keinerlei Wucherung von Bakterien bemerken. Mikroskopisch findet man jedoch auf und in 25 und zwischen den Zellen des Holzes reichlich Bakterien, jedoch nicht in Verbänden, sondern einzeln oder zu höchstens je dreien vereint. Bemerkungen betreffend die Biologie der Arbeit in den Bildnern findet man auch bei Schrader (2).

Die Vorteile des Reinzucht-Verfahrens sind für kein anderes 30 Gebiet der Gärungsgewerbe so offensichtlich wie gerade im Bereich der Schnellessig-Fabrikation. Einer dieser Vorteile ist die Vermeidung einer Unzukömmlichkeit, welche sich andernfalls nicht ausschließen läßt, und das ist das Auftreten der Essigälchen. Von ihnen wurde schon im vorhergehenden Paragraphen gesprochen, so daß hier nur noch darauf 35 hinzuweisen ist, daß für deren Aufkommen die Verhältnisse im Bildner in einer Hinsicht noch günstiger sind. Beim Orléans-Verfahren ist der Zutritt der Luft zum Innern der säuernden Flüssigkeit durch die Bakteriendecke erschwert und also der Aufenthalt der Aelchen örtlich beschränkt. Anders ist es im Bildner, in welchem reichliche Durchlüftung 40 der Flüssigkeit geboten ist. So fehlen denn die Aelchen auch in keiner Schnellessig-Fabrik. Ueber Versuche zu ihrer Unterdrückung ohne Reinzucht-Verfahren vergleiche man G. Heinzelmann (2), Fr. Rothenbach (9), W. Henneberg (9) und Rothenbach und Rossmann (1), welch letztere eine Reihe von Versuchen zur Abtötung der Aelchen mit einer Anzahl 45 von Drogen angestellt haben, von denen jedoch die meisten sich als wirkungslos erwiesen. Das Kochsalz hingegen hat (s. S. 606) guten Erfolg gegeben.

Seltener ist ein anderer Schmarotzer, welcher gemeinhin Essiglaus genannt wird, in Wirklichkeit aber eine Milbe ist, und zwar aus der 50 in Hinblick auf ihr häufiges Vorkommen in Futter- und Nahrungsmitteln durch A. Maurizio (1) genauer betrachteten Familie der *Tyroglyphinae*, nämlich die Essigmilbe, *Tyroglyphus (Histiogaster) carpio*, welche in Essig-

bildnern sowohl durch G. Heinzelmann (1) als auch durch L. Fulmek (1) als bakterienfressender Schädling vorgefunden wurde.

Als eigentliche **Betriebsstörung** kann das Vorkommen der Essigälchen für gewöhnlich nicht gelten. Die Verschleimung der Bildner jedoch ist eine solche. Die echten Schnellessig-Bakterien vermehren sich verhältnismäßig kärglich, verschleimen ihre Zellhaut ganz wenig, bilden fast keine Verbände, treten demnach niemals in zusammenhängenden Haufen auf und lassen also die Zwischenräume zwischen den Holzspänen frei für den Durchgang von Luft und Flüssigkeit. Wenn hingegen Bakterien, wie sie beim Orléans-Verfahren tätig sind, in den Bildner eingeschleppt und hier durch besondere Umstände in der Entwicklung begünstigt werden, wachsen sie rasch und reichlich zu Wucherungen (Zooglöen) heran, welche gar bald die Durchgangswege verengen und verstopfen und so den Verlauf der Säuerung lähmen und schließlich ganz verhindern. Diese Eindringlinge stellen im allgemeinen höhere Ansprüche an die Ernährung, und zwar sowohl in quantitativer Hinsicht, weil sie ja viel üppiger sich entfalten, wie auch in qualitativer, weil sie organische Nährstoffe bevorzugen. Sie werden also dann leichter zur Geltung kommen, wenn von diesen letzteren reichlichere Mengen im Essiggut vorhanden sind. Zusätze von Sirup, Malzauszug u. dgl. m. werden also mit großer Vorsicht zu geben sein, und man soll, wie Donselt (1) folgerichtig rät, sich bemühen, die Nährstoffe, insbesondere die stickstoffhaltigen, in einer Gestalt zu bieten, welche den Schädlingen nicht mehr genehm ist. Die weitere Forschung über die Schnellessig-Bakterien wird zu einem guten Teil gerade in dieser Richtung sich bewegen müssen. Das *Bact. xylinum* ist vermöge seiner geradezu unheimlich ergiebigen Schleimbildung der gefürchtetste unter den Störungserregern. Rothenbach und Hoffmann (1) berichteten im Jahre 1906 über dessen Eindringen in die Bildner ihrer Versuchs-Essigfabrik. Sie hatten gehofft, ihn durch Ausdämpfen zu bekämpfen, was jedoch nur vorübergehend half; denn ein Jahr darauf fanden Rothenbach und Donselt (2) ihn schon wieder vor. Ueber die Beseitigung von Schleimbildungen aus dem Bildner vergleiche man auch noch Rothenbach (12).

Ueber zwei andere Störungserscheinungen, nämlich die Aldehydbildung und die Ueberoxydation, sind schon auf S. 571 einige Angaben gemacht worden; man vergleiche über sie die lehrreichen Bemerkungen bei Hassack (1). Eingehendere Betrachtungen über die Betriebsstörungen überhaupt und Winke zu deren Beseitigung bieten A. und O. Steinmetz (1) in einem besonderen Buche. Bemerkungen betreffend die aus irgendeiner Ursache notwendige Stilllegung der Bildner machte auch Rothenbach (11).

§ 135. Die Essig-Arten.

Als **Weinessig** im Sinne der Rechtsprechung und des Handelsgebrauches gilt heute in Deutschland (jedoch nicht in Oesterreich und in der Schweiz) auch jenes Erzeugnis, das nicht ausschließlich aus Wein durch das Orléans-Verfahren sondern aus einem Gemische von mindestens zwanzig Raumteilen Wein mit höchstens achtzig Teilen Essiggut (mit Nährstoffen und Essig versetztem verdünnten Spiritus) durch das Schnellessig-Verfahren bereitet wird. C. Kippenberger (1) hat neuerdings die Forderung erhoben, daß nur ein aus Wein allein

entstandenes Erzeugnis als Weinessig bezeichnet werden dürfe. F. Rothenbach (26) hat ihm darauf entgegnet, daß diese strenge Forderung in Deutschland meist nicht erfüllt werden könne. Denn hier sind für die Essigbereitung gewöhnlich entweder nur sehr alkoholarme einheimische Weine verfügbar, welche für sich allein einen säureschwachen und also nicht haltbaren oder nicht marktfähigen Essig liefern würden, oder aber billige ausländische Südweine, welche wegen ihres zu hohen Alkoholgehaltes unverdünnt sich nicht versäuern lassen. In Portugal darf, wie H. Mastbaum (1) angibt, für Speisezwecke, ausgenommen die Konserven-Fabrikation, nur der aus Wein hergestellte Essig verwendet werden. Eine Uebersicht über die in den einzelnen Ländern giltige Fassung des Begriffes Weinessig, wie auch über die gesamte Gesetzgebung betreffend Bereitung und Vertrieb des Essigs in Frankreich lieferte L. Calvet (1) in seinem auch sonst dem Essig-Analytiker nützlichen neuen Buche.

In gerichtlichen Fällen hat man versucht, aus der Menge und Beschaffenheit des Trockenrückstandes der Probe und aus ihrem Gehalte an Glycerin, organischen Säuren und deren Salzen einen Rückschluß darauf zu ziehen, ob man es mit Weinessig zu tun habe oder nicht. Die Frage nach dem Schicksale der Bestandteile des Weines während und durch die Essigsäure-Gärung hat also nicht bloß physiologische Bedeutsamkeit.

Die Verfahren zur chemischen **Analyse** des Essigs sind nicht bloß für den Nahrungsmittel-Chemiker von Wichtigkeit, sondern auch für den Gärungsphysiologen das unentbehrliche Werkzeug bei seinen Forschungen und also auch hier wenigstens zu streifen. Eine kritische Studie darüber haben J. Brode und W. Lange (1) in ihrem Berichte über die eingehende Analyse von vier Proben von Weinessig geliefert. Sie haben insbesondere auch eine tiefgreifende Erörterung über die Zuverlässigkeit und Brauchbarkeit der für die Säurebestimmung auf titrimetrischem Wege bisher vorgeschlagenen Indikatoren gegeben, welche früher schon Gegenstand je einer durch Glaser (1) und später durch A. Thiel (1) gelieferten monographischen Darstellung gewesen sind und von denen allein das Phenolphtalein sich für die Titration der Essigsäure als tauglich und empfehlenswert erwiesen hat. Weiterhin wurde auch, beiläufig bemerkt, eine Prüfung der zur Nachweisung freier Mineralsäuren angegebenen Verfahren angestellt, deren wichtigste zuvor schon F. Utz (1) vergleichend besprochen hatte. Das Studium der im Weine durch die Essigsäure-Gärung eintretenden Umsetzungen läuft zu einem guten Teile auf die quantitativ analytische Bestimmung der einzelnen Säuren hinaus. Die dafür bisher üblichen Verfahren sind heute selbst nicht mehr für den Aufgabenbereich des Nahrungsmittel-Chemikers und noch weniger für die Zwecke des Gärungsphysiologen allgemein zulässig, seitdem Paul und Günther (1) und, diesen folgend, C. von der Heide und Baragiola (1) auf Grund der physikalisch-chemischen Lehren von der Dissociation und der Lösungstheorie die Wein-Analyse in neue Bahnen gelenkt haben.

Ueber die **Veränderungen** des **Weines** durch die **Säuerung** hat zuerst Farnsteiner (1) vom Standpunkt des Nahrungsmittel-Chemikers einige Versuche im Laboratorium unternommen. Die durch ihn zu 6—16 Proz. festgestellte Abnahme des Gehaltes an Trockenrückstand während der Essigsäure-Gärung ist nicht bloß auf die Ansprüche der sich vermehrenden Gärerreger an organische Baustoffe sondern insbesondere

auch auf das Ausfallen von Weinstein zurückzuführen. Versuche, welche FARNSTEINER (2) darauf in einer Fabrik anstellte, ergaben weiterhin, daß unter den Verhältnissen im großen ein wesentlicher Unterschied im prozentischen Gehalte an Trockensubstanz des Weines einerseits 5 und des daraus entstandenen Essigs andrerseits aus dem Grunde nicht mehr bemerkt werden konnte, weil hier während der langandauernden Gärung eine beträchtliche Verdunstung und also eine Anreicherung an den nicht flüchtigen Bestandteilen eintritt, welche den oben gekennzeichneten Ausfall größtenteils wieder ausgleicht. A. FROEHNER (1) hat 10 dann das Rohmaterial und das Erzeugnis einer Fabrik untersucht, deren Maische angeblich aus 150 Liter Wein, 45 Liter dreißiggrädigem, mit Essigsäure denaturiertem Spiritus und 150 Liter Wasser zusammengesetzt war; seine Befunde, die im wesentlichen mit denen FARNSTEINER's übereinstimmen, lassen eine erhebliche Verminderung des Gehaltes an 15 Glycerin und Weinsäure durch die Gärung nicht erkennen. Auch A. MÖSLINGER (1) hat solche vergleichende Untersuchungen in einer nach SCHÜTZENBACH arbeitenden Fabrik derart angestellt, daß die Maische für den ersten Aufguß zu Dreivierteln und der zweite Aufguß zu zwei Dritteln aus Wein bestand, und hat regelmäßig ungefähr ein Drittel des 20 Glycerines des Weines bei der Essiggärung verschwinden sehen. ROTHENBACH (25) hat dann unter Verwendung von Reinzuchten (des *Bact. xylinoides* u. a.) diese Beobachtung an Weinessig im wesentlichen bestätigen können. KAPPELLER nnd THEOPOLD (1) prüften vergleichend die Zusammensetzung zweier Weinessig-Maischen und der aus ihnen gewonnenen Essige, deren 25 einer nach dem Orléans-Verfahren und der andere nach dem deutschen Verfahren bereitet worden war. RÖHRIG (1 u. 2) hat den Verlauf der Säuerung eines unveränderten Frankenweines zu drei verschiedenen Zeitpunkten untersucht. B. HAAS und W. FISCHER (1) haben zwölf echte Weine säuern lassen und ziehen aus den vorgenommenen Analysen den 30 Schluß, daß echter Weinessig mindestens 12 g zuckerfreien Extrakt im Liter enthalten müsse und auf einen Teil Extrakt höchstens sechs Teile Essigsäure aufweisen dürfe, widrigenfalls er als mit künstlicher Essigsäure verschärft anzusehen sei. H. LÜHRIG (1) hat einige Proben von Weinessig nach deren achtmonatlichem Lagern wieder analysiert und 35 eine Abnahme des Gehaltes an Glycerin, Extrakt und Asche nicht bemerken können. Die durch RATCLIFF (1) untersuchten elf Proben von Weinessig aus dem englischen Handel enthielten 3,2—5,2 Proz. Essigsäure, 1,6—3,76 Proz. Extrakt und 0,19—0,8 Proz. Asche. H. MASTBAUM (1) hat Analysen von zwanzig Proben von Weinessig aus dem Handel 40 Portugals und von siebzehn zuverlässig echten Weinessigen dieses Landes gegeben. A. CORSINI (1) hat sechzig Proben aus dem Florentiner Handel untersucht. Ueber einen durch Eisengehalt grünen Essig hat SALOMONE (1) berichtet. Ueber das Dunkelwerden des Weinessigs (maladie de la casse oxydasique) infolge Wirkung von Oxydase auf dessen Gerb- und Farb- 45 stoffe bei Luftzutritt während des Lagerns spricht ASTRUC (1).

Der **Abbau** der **organischen Säuren** des Weines während der Essigsäure-Gärung ist vom Standpunkte des Nahrungsmittel-Chemikers aus hier besonders zu betrachten. Der Abbau der Bernsteinsäure ist schon aus dem einen Grunde von Bedeutung, weil diese Säure regel- 50 mäßig und in beträchtlicher Menge bei der durch Hefe bewirkten Alkoholgärung auftritt. In Ergänzung der schon auf S. 383 des Vierten Bandes gebrachten Erörterung sei hier noch (s. S. 458) darauf hingewiesen, daß F. EHRLICH (2) seitdem hat dartun können, daß die Quelle der

Entstehung dieses Nebenproduktes die Glutaminsäure ist, also nicht der Zucker sondern mittelbar das Eiweiß des Nährbodens (Maische, Würze, Most) oder des Hefenleibes selbst. HOYER (1) hat an seinem *Bact. rancens* die Fähigkeit festgestellt, in einem entgeisteten Biere die ihm zugesetzte Bernsteinsäure bei Luftzutritt binnen wenigen Tagen fast vollständig zu verbrennen. W. SEIFERT (6) hat diesen Befund an einem Weinessig-Bakterium und an einem aus Trub gezüchteten Essigsäure-Bakterium bestätigt und dahin erweitert, daß durch diese zwei Arten eine (dann allerdings nicht so weitgehende) Zersetzung jener Säure auch bei Luftabschluß (unterhalb einer Schichte von Paraffinöl) eintritt. Die Weinsäure wurde zufolge HOYER (1) durch dessen *Bact. rancens* nicht angegriffen. SEIFERT (6) hingegen gibt von zwei nicht näher bezeichneten Arten von Essigsäure-Bakterien an, daß sie diese Säure (wie auch die Links-Weinsäure) zersetzten und zum Verschwinden brachten, und zwar nicht bloß bei Luftzutritt sondern auch (jedoch weniger weitgehend) unterhalb Paraffinöl, also bei Luftabschluß. Die Aepfelsäure wurde in HOYER's (1) Versuchen schwieriger als die Bernsteinsäure angegriffen. SEIFERT's (6) zwei Arten vermochten auch sie, ähnlich wie die Weinsäure, zu zersetzen, ohne daß jedoch dabei Milchsäure aus ihr hervorging. Die Citronensäure wurde durch HOYER's (1) Art stark zersetzt, durch diejenigen SEIFERT's (6) bei Luftzutritt ganz zerstört und bei Luftabschluß beträchtlich angegriffen.

G. MEILLÈRE (1) hat in einer der weiten Verbreitung des Inosites nachgehenden Reihe von Arbeiten dessen ständiges und reichliches Vorkommen in den natürlichen Weinen festgestellt; im Weinessig ist er jedoch nur noch in geringen Spuren aufzufinden gewesen.

Das Auftreten von Acetylmethylcarbinol ($CH_3 \cdot CHOH \cdot CO \cdot CH_3$) in Essig hat zuerst C. A. BROWNE (1) gelegentlich seiner chemischen Untersuchungen über den Verlauf des Schwachwerdens des Cideressigs bemerkt. PASTUREAU (1) konnte dann dieses Carbinol in der Menge von 0,03—0,05 Proz. im Weinessig nachweisen und gab eine Methode zu dessen quantitativen Bestimmung an. Er hatte zuerst gemeint, daß es das Ergebnis der Tätigkeit von Bakterien von der Art des *Bacillus tartricus* sei, konnte es jedoch später auch durch Mycodermen und durch Essigsäure-Bakterien erhalten und wollte die Anwesenheit dieser Substanz in einer Essigprobe als Beweis dafür gelten lassen, daß man es mit Tresteressig zu tun habe. Bald darauf fand C. A. BROWNE (2) dieses, übrigens auch durch viele andere Bakterien (s. Bd. II, S. 521) gebildete Carbinol in vergorenem Zuckerrohr-Sirup vor.

Die Bereitung von **Apfelwein-Essig**, Cider-Essig, hat in Nordamerika große Ausdehnung erfahren. C. A. BROWNE (1) verfolgte durch chemische Analysen den Verlauf der durch fast vier Jahre sich hinziehenden Vergärung von Apfelmost zu Apfelwein und Apfelwein-Essig und des letzteren Schwachwerden, für dessen Verursacher er das *Bact. xylinum* hielt. Ueber die besonderen Verfahren zur Analyse und Erkennung der Echtheit vergleiche man LEACH und LYTHGOE (1). Eine eingehende Analyse einer Probe Cideressig haben BRODE und LANGE (1) unternommen. Von 270 durch LEACH (1) untersuchten Proben aus dem nordamerikanischen Handel erwiesen sich 178 als verfälscht; dieser Forscher hält die Anwesenheit der Salze der Aepfelsäure (s. S. 599) als kennzeichnend für echten Cideressig. LYTHGOE (1) gibt auf Grund seiner vielen Analysen 4,5—5,4 Proz. Essigsäure als Durchschnittsgehalt an. Genauere Untersuchungen über den Chemismus der Säuerung des Ciders und über die

Ursachen der oft recht schlechten Beschaffenheit des Cideressigs verdanken wir L. VAN SLYKE (1). Analysen von nordamerikanischen Obstweinessigen und deren Aschen haben auch DOOLITTLE und HESS (1) gegeben. Ueber den gelungenen Versuch der Gewinnung von gutem Essig aus der in den Vereinigten Staaten weit verbreiteten aber wenig begehrten Kieffer-Birne hat H. C. GORE (1) berichtet. Ueber die Unterscheidung von Weinessig und Cideressig durch Analyse und über die Erkennung einer Verfälschung dieses letzteren hat A. W. SMITH (1) einige Bemerkungen gemacht.

Honigessig wird in Holland fabriksmäßig bereitet. J. J. HOFMANN (1) hat einige Proben untersucht und 4,8 Proz. Essigsäure, 2,4 Proz. Trockenrückstand, 0,04 Proz. Asche festgestellt. Das in Arizona in Nordamerika übliche Verfahren ist, wie A. E. VINSON (1) bemerkt hat, insbesondere wegen der ungenügenden Vergärung des Zuckers des Honigs (vergl. S. 413) nicht als gut zu bezeichnen und liefert nur schwache Essige; in drei untersuchten Proben waren zwischen 2,1 und 4,2 Proz. Säure vorhanden. VINSON hat darum eine Anleitung zum sachgemäßen Arbeiten verfaßt. Zur Erkennung einer Probe als echten Honigessig oder zur Feststellung seiner Anwesenheit in einem gemischten Essig wird man vielleicht desselben serologischen Verfahrens sich bedienen können, das für die Unterscheidung des echten Honigs vom Kunsthonig bereits wertvolle Dienste geleistet hat, und zwar sogar für quantitative Bestimmungen. Es ist auf die Präcipitin-Reaktion (s. Bd. II, S. 391, und Bd. III, S. 116) gegründet, wurde zuerst durch G. VON RIGLER (1) im Jahre 1902 angegeben, durch J. LANGER (1) dann genauer ausgearbeitet und durch GALLI-VALERIO und BORNAND (1) und durch W. CARL (1) als brauchbar empfohlen. J. THÖNI (2) hat schließlich im Verlaufe ausgedehnter und volle Bestätigung erbringender Versuche auch noch feststellen können, daß die Menge des durch das Antiserum in Naturhonig erhältlichen Präcipitats durch die Alkoholgärung nicht verringert wurde. Der Einfluß der Essigsäure-Gärung ist in der Hinsicht noch zu prüfen. W. LENZ (1) hat über einen aus Met bereiteten Essig berichtet, welcher so große Mengen einer kräftigen Protease enthielt, daß die in ihn eingelegten (marinierten) Heringe innerhalb 24 Stunden zerfielen und aufgelöst wurden.

Ueber die Zusammensetzung des aus Palmwein durch freiwillige Gärung entstandenen Essigs findet man bei KENDALL (1) und H. D. GIBBS (1) einige Angaben; die Erreger dieser Säuerung scheinen bisher noch nicht geprüft worden zu sein. Die in dem officinellen Sabadill-Essig bei längerem Aufbewahren eintretende Trübung schreibt O. LANGKOPF (1) der Wirkung einer aus dem Sabadill-Samen herstammenden Peroxydase zu, die man durch Fernhalten des Luftsauerstoffes unschädlich machen könne. Analysen einiger brauner, zähflüssiger, 50—200 Jahre alter Proben von Gewürz-Essig aus Modena hat F. SESTINI (1) angestellt. Die Herstellung von Essig aus Molken ist durch EDM. KAYSER (1), diejenige aus Buttermilch durch FILAUDEAU und VITOUX (1) beschrieben worden. F. FAIRLEY (1), RATCLIFF (2) und RUSSEL und HODGSON (1) geben Analysen von englischen Malz-Essigen, welch letztere zufolge RICHARDSON und BOWEN (1) auch daran zu erkennen sind, daß ihre Asche zu mehr als der Hälfte aus Kaliumphosphat (K_3PO_4) besteht.

In Japan ist der Essig gewöhnlich **Saké-Essig.** Er wird zufolge T. TAKAHASHI (4) entweder aus verdorbenem Saké selbst oder aus dem leicht dem Sauerwerden verfallenden Moto (s. S. 247) oder aus verun-

glücktem Moromi (s. S. 330) oder endlich aus den (Saké-Kasu genannten) Preßrückständen hergestellt und heißt in letzterem Falle Kasuzu. Um diese Rückstände rasch in Säuerung zu bringen, verdünnt man sie, nachdem sie durch ungefähr eine Woche die Alkoholgärung durchgemacht haben, mit Wasser und preßt sie. Von der so erhaltenen Flüssigkeit 5 erhitzt man die eine Hälfte auf 80—90° C, vereinigt sie dann mit der anderen Hälfte und fügt dem Ganzen nun eine Art Essigmutter zu, welche Tanezu, zu deutsch: Essigsamen, heißt. Dieser Gärerreger ist nichts anderes als eine Rohzucht von Essigsäure-Bakterien und führt jene Essigmaische binnen einem Monat oder mehr in Kasuzu über. Die 10 Flora des Tanezu ist durch den obgenannten Forscher studiert worden. In zwei Proben fand er, neben *Aspergillus Oryzae*, *Asp. glaucus* und mehreren Arten von *Mycoderma* und *Torula*, als hauptsächlichen Bestandteil sieben Arten (oder Abarten) von Essigsäure-Bakterien, von denen er je eine als Varietät *Tanezu* von *Bact. ascendens*, *B. xylinoides* 15 und Pasteur's *Bact. aceti* und je zwei als Varietäten *Tanezu I* und *II* von ***Bact. acetosum*** und von **Brown's** ***Bact. aceti*** beschrieb.

Spritessig heißt jeder aus Spiritus (Sprit) nach dem Schnellessig-Verfahren hergestellte Essig. Je nach der Größe seines Gehaltes an Essigsäure unterscheidet man im Handel dreierlei Arten von Spritessig. 20 Entsprechend der Vereinbarung des Bundes Deutscher Nahrungsmittel-Fabrikanten, über welche Witte (1) berichtet, soll einfacher Essig, auch Essig kurzweg genannt, mindestens 3.5 Proz., Doppelessig mindestens 7.0 Proz., dreifacher Essig oder Essigsprit mindestens 10.5 Proz. Essigsäure enthalten. Im Sprachgebrauche muß man also 25 die Ausdrücke Essigsprit und Spritessig scharf auseinanderhalten. Die Verwendung des Essigs zum Haltbarmachen proteinreicher Nahrungsmittel und Speisen ist in der Empfindlichkeit der meisten Fäulnisbakterien gegen Säure begründet. Um die erforderliche Stärke der Säurigkeit zu erzielen, wird man im allgemeinen für Nahrungsmittel, die, wie z. B. 30 das Fischfleisch und die Krabben, von Natur aus alkalische Reaktion haben, mehr oder aber schärferen Essig verwenden müssen. G. Popp (1) hat darüber einige Versuche angestellt und erachtet einen Gehalt von 2 Proz. Essigsäure als die Mindestanforderung an einen solchen Essig; daß man beim sogen. Marinieren der Fische (s. Bd. II, S. 421) mit 35 schwächerem Essig auslangt, erklärt er mit dem Hinweis auf den üblichen Zusatz antiseptisch wirkender Gewürze, wie Pfeffer, Senf und Zwiebeln.

Die **Unterscheidung** von **Weinessig** und **Spritessig** ist nicht selten Gegenstand einer dem Nahrungsmittel-Chemiker als gerichtlichem Sachverständigen aufgetragenen Untersuchung. W. Fresenius (1) war wohl 40 der erste, welcher schon im Jahre 1885 für diesen Zweck auf die Verschiedenheit der Zusammensetzung der Maische für Weinessig und derjenigen für Spritessig hingewiesen und die Hoffnung ausgedrückt hatte, daß die Anwesenheit des Glycerins in jener ersteren und dessen Abwesenheit in der letzteren sich vielleicht auch noch in den aus ihnen 45 bereiteten Essigen als Unterscheidungsmerkmal werde heranziehen lassen. Die eigenen Zweifel des genannten Forschers an der Zuverlässigkeit dieses Merkmales wurden vier Jahre darauf durch H. Eckenroth (1) bestärkt, der in den durch ihn untersuchten Weinessigen meist nur ca. 0.1 Proz. Glycerin vorgefunden hatte. Hierzu ist zunächst daran zu 50 erinnern, daß die Glycerin-Bestimmung nach dem bei der Wein-Untersuchung üblichen Verfahren mittelst Kalkmilch und Alkohol und Aether bei Essig wegen der großen Mengen von essigsaurem Kalke immer un-

genau ausfällt und manchmal sogar unausführbar ist, was schon Fresenius (1) selbst, wie auch Farnsteiner (1), Allen und Moor (1) und andere Forscher nachher betont haben. Nun hat uns freilich das durch Zeisel und Fanto (1) angegebene Verfahren einen neuen Weg gewiesen, 5 der nach den durch Brode und Lange (1) gemachten Erfahrungen auch bei der Essiguntersuchung zur quantitativen Bestimmung des Glycerins sicher zum Ziele führt. Doch ist damit nicht viel geholfen. Denn eine auf den Glyceringehalt gegründete Unterscheidung von Weinessig und Spritessig müßte einen normalen Glyceringehalt des zur Essigbereitung 10 verwendeten Weines zur Voraussetzung haben. Diese letztere trifft aber, wie Fresenius (2) gegenüber A. Jonscher (1) neuerdings betont hat, sehr oft nicht zu; denn meist verarbeitet man stichige oder kranke Weine, in denen auch das Glycerin schon zersetzt ist. Und weiterhin kann, sofern davon noch ein Rest vorhanden ist, dieser dann während 15 der eigentlichen Essiggärung (s. S. 579 u. 614) verringert oder ganz beseitigt werden. Aehnliches gilt zufolge Möslinger (1) vom Weinstein bezw. der Weinsäure, welche Eckenroth (1) als Merkmal aufstellen zu dürfen gemeint hatte. Nicht besser steht es auch mit der durch Farnsteiner (2) empfohlenen Heranziehung der Größe und Beschaffen- 20 heit des Trockenrückstandes. Das durch A. Stocký (1) bemerkte Vorkommen von Vanillin im Weinessig kann auch nicht als ein Merkmal für diesen gelten; denn dieser Riechstoff ist durch Frobenius (1) auch in Essigessenz vorgefunden worden und wird sich wohl auch im Spritessig entdecken lassen, weil er ja, zusammen mit Coniferylalkohol 25 und Eugenol, schon durch E. Bauer (1) als Bestandteil des Melassenbranntweines erkannt worden ist, in den er von der Zuckerrübe her (s. Bd. II, S. 491) hineingelangt. Man wird also wohl H. Lührig (1) beipflichten können, wenn er sagt, daß derzeit eine sichere Antwort durch die chemische Analyse allein sich im allgemeinen nicht geben 30 läßt und daß von der Aufstellung von Grenzzahlen unbedingt abgesehen werden sollte. Die Kostprobe durch Essigkenner ist auch nicht mehr verläßlich, seitdem, wie Lührig und Sartori (1) bemerkt haben, die Fälscher durch Zusatz von Estern den Spritessig parfümieren, ihm Weinaroma verleihen. Auf die durch das Verfahren von Meillère und 35 Fleury (1) zu ermittelnde Anwesenheit des Inosites in den Weinessigen (s. S. 615) und dessen Fehlen in Spritessigen hat P. Fleury (1) eine Entscheidung gründen wollen, die jedoch im günstigsten Falle nur darüber aussagt, ob die Probe reiner Spritessig ist, und die nicht auch Gemische von Weinessig mit Spritessig als solche erkennen läßt. 40 A. Froehner (1) empfahl als Anhaltspunkt für die Beurteilung die Prüfung auf den Gehalt an Milchsäure, welch letztere ja zuerst durch R. Kunz (1) als normaler Bestandteil jedes gesunden Weines erwiesen und durch Seifert (5 u. 7) dann als Ergebnis des Abbaues der Aepfelsäure (s. S. 598) erkannt worden ist; wie es jedoch in der Hinsicht 45 bei den für die Essigbereitung vornehmlich herangezogenen kranken Weinen steht, ist freilich eine andere Frage.

Der Nachweis eines **Zusatzes** von **Spritessig** zu **Weinessig** ist also derzeit noch nicht eine befriedigend zu lösende Aufgabe. H. Quantin (1) hat im Jahre 1896 eine Kritik der bis dahin vorgeschlagenen 50 Prüfungsverfahren, insbesondere desjenigen von Girard und Dupré, gegeben und hat daran erinnert, daß es in der Regel nicht normale sondern verdorbene (also schon von Anfang an einseitig veränderte) Weine sind, die man der Weinessigbereitung zuführt.

Ueber das Wesen und die kennzeichnenden Merkmale, durch welche der aus Alkohol (Sprit) durch die Essigsäure-Gärung hergestellte Gärungsessig (Spritessig) sich von der aus den Erzeugnissen der trockenen Destillation des Holzes u. dgl. bereiteten **Essigessenz** unterscheidet, hat W. Behrend (1) im Auftrage des Verbandes Deutscher Essigfabrikanten eine Flugschrift verfaßt, in welcher auch versucht wird, die Vorzüge des Gärungsessigs einerseits und die Gefährlichkeit der Essigessenz andrerseits darzutun. Für die Essenz waren schon E. Hintz (1) unter Beibringung einigen literarischen Materiales im Jahre 1898 und bald darauf R. Kayser (1) u. a. eingetreten. Die der Essigessenz nachgesagte größere Wirkungskraft bei ihrer Verwendung zur Haltbarmachung von Nahrungsmitteln gegenüber einem Gärungsessig von gleich großem Essigsäure-Gehalte, wie auch die Schädlichkeit eines unvermittelt hohen Zusatzes von Essenz zur Maische des Bildners wird durch Rothenbach (18) mit der Anwesenheit stark giftiger Verunreinigungen erklärt, welche der Essigessenz, als einem Erzeugnisse der trockenen Destillation des Holzes, hartnäckig anhaften. Als eine solche Beimengung haben H. Ost und F. Klein (1) und H. Fincke (1) in dem sogen. Eisessig des Handels die Ameisensäure, und zwar in der Menge bis 0,5 bezw. 0,8 Proz. nachgewiesen. Auch Rothenbach (18) hat in Essigessenz diese Säure vorgefunden, ein paarmal Salzsäure und öfter schweflige Säure. Er ging jedoch zu weit, wenn er aus diesem Grunde die Verwendung von Essigessenz in den Nahrungsmittelgewerben verboten sehen wollte; denn die letztgenannte Säure ist, wie W. Fresenius (2) dargetan hat, fast nur in Spuren (höchstens 4 mg im Liter) vorhanden, also in einer weit geringeren Menge, als sie in anderen Nahrungs- und Genußmitteln, wie z. B. dem Weine, gesetzlich zulässig ist.

Die Frage nach der **Unterscheidung** von (verdünnter) **Essigessenz** und **Gärungsessig** tritt ab und zu an den Nahrungsmittel-Chemiker infolge des oben angedeuteten Widerstreites geschäftlicher Interessen heran. Nicht selten, so insbesondere in gerichtlichen Fällen, spitzt sie sich noch dahin zu, ob die vorgelegte Probe aus letzterem allein besteht oder aber auch einen Zusatz von jener ersteren enthält. Der Verband Deutscher Essigfabrikanten hatte im Jahre 1900 zur Aufsuchung eines für solche Zwecke tauglichen Verfahrens durch ein Preisausschreiben aufgefordert. Ueber dessen Ergebnis hat dann F. Rothenbach (8) dahin berichtet, daß die eingesandten drei Verfahren alle auf Reaktionen sich gründen, welche dem Gärungsessig eigentümlich sind, so insbesondere dessen Gehalt an Aldehyd, und also wohl zur Unterscheidung eines reinen Gärungsessiges von verdünnter Essigessenz, jedoch nicht auch zu der viel wichtigeren Nachweisung eines Zusatzes dieser letzteren zu einem angeblich reinen Gärungsessig dienen können. Das gleiche gilt von einer durch W. Kraszewski aufgefundenen Reaktion, welche darauf beruht, daß im Gärungsessig gewisse aus den Gärerregern stammende Stoffwechselprodukte sich stets vorfinden, die mit Jod zu einer unlöslichen Verbindung zusammentreten, so daß also durch Zusatz dieses Reagens zu der entsprechend vorbereiteten Probe eine Trübung oder sogar eine Fällung hervorgerufen wird. E. Schmidt (1) hat, unter Verwendung von *Bact. aceti* und *B. Kützingianum*, diese Reaktion genauer geprüft und hat die durch ihren Entdecker gegebene Erklärung als im wesentlichen zutreffend erweisen können. Später hat sich dann F. Rothenbach (22) auf Grund gemeinsam mit Rossmann und Wilke angestellter Versuche dahin ausgesprochen, daß man als Träger jener

Reaktion gewisse Enzyme anzusehen habe. Auch das durch C. Böttinger (1) angegebene Verfahren gründet sich auf das ausnahmslose Vorkommen des Aldehyds im Gärungsessig und bringt als Reagens eine Auflösung von Resorcin oder Pyrogallol in konz. Schwefelsäure in Anwendung. H. Fincke (2) hingegen meint, eine Unterscheidung zwischen Gärungsessig und verdünnter Essigessenz, ja sogar einen Zusatz letzterer zu jenem, auf die in der Essenz stets vorhandene Ameisensäure gründen zu dürfen, obwohl doch er selbst die Möglichkeit des Auftretens dieser Säure während einer fehlerhaft verlaufenden Gärung zugibt und in mehreren echten Spritessigen zwar keine Ameisensäure vorgefunden hat, bei mehreren Weinessigen jedoch zu einem zweifelhaften Ergebnis gelangt ist. Im Verlaufe einer kritischen Untersuchung über die Verfahren zur Nachweisung der Ameisensäure in Nahrungsmitteln hat Fincke (4) dann festgestellt, daß in Gärungsessig entweder gar keine oder nur eine äußerst geringe, in Essigessenz hingegen beträchtliche Mengen jener Säure (bis 1,0 Proz. der Gesamtsäure) vorkommen. Bei der Beurteilung eines angeblichen Gärungsessigs aus dem Handel wird der Analytiker jedoch an die im Jahre 1911 auf der Hauptversammlung der Deutschen Nahrungsmittel-Chemiker durch Dr. Zucker unwidersprochen aufgestellte Behauptung sich erinnern müssen, daß die Mehrzahl der Spritessig-Fabrikanten ihren Gärungsessig durch Zusatz von Essigessenz aufbessern und haltbar machen. In manchen Fällen wird sich eine Unterscheidung zwischen Gärungsessig und Essenz auf den Nachweis des im Spritessig immer häufiger bemerkten Gehaltes an Pyridin gründen lassen, welcher auf die angeblich immer mehr zunehmende Mitverwendung eines mit dieser Base vergällten (denaturierten) Spiritus zurückzuführen ist; man vergleiche darüber Fincke (3), welcher auch über das geeignetste Untersuchungsverfahren spricht. Ueber die zur Nachweisung empyreumatischer Substanzen im Essig vorgeschlagenen Farbenreaktionen und über deren Verläßlichkeit für die Zwecke der Unterscheidung des Weinessigs von Spritessig und Essenzessig hat M. Malacarne (1) einige Bemerkungen gemacht.

§ 136. Essigsäure-Bakterien als Schädlinge in den Gärungsbetrieben.

Ueber den **Essigstich** in **Bieren** hat schon der § 54 dieses Bandes eine Reihe von Angaben gemacht, die hier nun ergänzt werden sollen. Nach H. Will's (3) Erfahrung kommen Essigsäure-Bakterien in untergärigen wie in obergärigen Bieren sehr häufig, ja fast regelmäßig, vor, jedoch meist in so geringer Anzahl, daß sie nur selten die Ursache von Verderbnis werden. In den Erzeugnissen der untergärigen Brauereien ist durch die hier sehr niedrige Temperatur der Gär- und Lagerkeller und später durch die meist rasche Leerung des Fasses beim Wirte die Möglichkeit zur Entwicklung sehr gering. Wenn dennoch, wie ich wiederholt festgestellt habe, das dem Gaste vorgesetzte Bier reich an Essigsäure-Bakterien befunden wird, so stammen diese aus den Abzapf-Vorrichtungen (Zapfhahn, Röhren etc.), in denen, bei nicht sehr sorgfältiger Wartung, sie sich rasch ansiedeln und hartnäckig behaupten. Fr. Fuhrmann (2) hat bei seinen Untersuchungen über den Bakteriengehalt des Flaschenbieres des Grazer Handels, in betreff derman die Bemerkungen bei C. Krauss (1) einsehe, wohl allerlei andere, zum Teil als neu beschriebene Bakterien vorgefunden, von jenen Schäd-

lingen jedoch anscheinend keinen angetroffen. Eine große Anzahl der bisher bekannten Arten von Essigsäure-Bakterien ist zuerst aus Bier abgeschieden worden. Deren Wirksamkeit als Erreger des Stiches kann man durch Luft-Abschluß verhüten. Schlimmer steht es dann, wenn sie außer durch Säuerung auch noch durch andere Veränderungen zu schaden vermögen, wie z. B. das *Bact. albuminosum* und das *B. friabile*, welche, wie schon auf S. 552 angedeutet wurde, zufolge ZEIDLER (1) das Bier trüb oder schleimig machen können. Vorbeugung der Ansteckung durch größte Sauberkeit, also die Fernhaltung der Keime, muß, wie schon auf S. 178 betont worden ist, das unablässige Streben des Brauers sein. Die schon auf S. 539 des Ersten Bandes erwähnte Verwendbarkeit des Ozons zur Bekämpfung schädlicher Keime im Brauereibetriebe (s. S. 592) ist neuerdings durch L. VON VETTER und E. MOUFANG (1), durch H. WILL und P. BEYERSDORFER (1) und durch E. MOUFANG (1) eingehender geprüft worden. In betreff der obergärigen Biere, in denen die Essigsäure-Bakterien (dank der hier gebotenen höheren Temperatur) besonders häufig auftreten und zu den gefährlichsten Eindringlingen zählen, sei auf SCHÖNFELD's (1) Beobachtungen verwiesen. Auch in Weißbier im besonderen, dessen wirksame Milchsäure-Stäbchenbakterien (s. S. 215) noch durch SCHÖNFELD und DEHNICKE (1) untersucht worden sind, können Essigsäure-Bakterien Schaden stiften, und zwar entweder durch Säuerung oder durch Schleimbildung. In gelegentlicher Ergänzung des auf S. 220—221 Gesagten soll hier noch angefügt werden, daß an dem durch Pediokokken zustande kommenden Sauerwerden zweierlei Arten sich betätigen können, die SCHÖNFELD (2) als *Pediococcus acidulefaciens* und *P. odoris melisimilis* unterschieden hat. Ueber eine absonderliche Wucherung von *Bact. xylinum* in Weißbier hat P. LINDNER (2) berichtet.

H. ZIKES (1) hat bei seiner durch längere Zeit hindurch angestellten mikrobiologischen Prüfung des Wassers aus vier verschiedenen Brunnen auf dessen Gehalt an Organismen, welche für Würze oder Bier gefährlich werden können, Essigsäure-Bakterien nur sehr selten vorgefunden. Das gleiche gibt H. WILL (3) in seiner empfehlenswerten Anleitung zur biologischen Brauereikontrolle (s. S. 154) auf Grund fünfundzwanzigjähriger Erfahrung an.

Essigsäure-Bildung soll zufolge W. M. ESTEN (1) auch einer der Gärungsvorgänge sein, welche an der Oberfläche der Körner des in Speichern (Silos) aufgesammelten Getreides (s. Bd. I, S. 610) sich einstellen. M. W. BEIJERINCK (1) hatte auf das allgemeine Vorkommen von Essigsäure-Bakterien im Staube des Getreides schon vordem hingewiesen.

Auch im **Saké** und bei dessen Bereitung stellen Essigsäure-Bakterien als Zerstörer sich ein. Schon auf S. 247 ist angedeutet worden, daß im Moto jene Schädlinge sehr leicht zur Geltung kommen, wenn die Bildung von Milchsäure zu langsam auftritt oder nicht weit genug vorschreitet. K. YEDA (1) empfiehlt deshalb den Zusatz einer Reinzucht von Milchsäure-Bakterien zu jener Maische. Y. OKUDA (1) hat aus Moto fünferlei Arten von Milchsäure-Bakterien abgeschieden, zwei Stäbchen-Arten und drei Kokken-Arten. T. TAKAHASHI (1) hat, in Fortführung der durch SAITO und durch KOZAI vorgenommenen Studien (s. S. 248), aus Koji, Moto und Saké eine Anzahl von Kahmhefen abgeschieden, die alle zur Bildung von Essigsäure aus Alkohol fähig sind. Bei dieser Gelegenheit seien nachfolgend die wichtigsten neueren Arbeiten über die

Mykologie des Saké angeführt. Ob die durch R. NAKAZAWA (1) als *Saccharomyces Tokyo* und *Sacch. Yedo* beschriebenen (von KOZAI's *Sacch. Saké* verschiedenen) zwei Saccharomyceten wesentliche Erreger der Sakégärung sind, ist wohl fraglich. Ueber Bildung und Verbrauch von
5 Aminosäuren durch *Sacch. Saké* und andere Hefen haben TAKAHASHI und YAMAMOTO (1) berichtet, nachdem zuvor schon über die in Saké vorkommenden Mengen solcher Säuren und der aus ihnen entstandenen höheren Alkohole (s. S. 577) quantitative Ermittlungen durch TAKAHASHI und SATO (2) angestellt worden waren. K. KURONO (1) zufolge ist das
10 Leucin die Hauptquelle für die Entstehung von Fuselölen durch die Saké-Hefe. Aus Moromi hat KURONO (2) drei Arten von Buttersäure-Bakterien abgeschieden, deren eine vermutlich den (als Takaawa bezeichneten) eigentümlichen Geruch des Saké-Gebräues und eine andere das (als Akamoto benannte) Rotwerden des Moto hervorruft. In einer
15 Probe umgeschlagenen (trüb gewordenen) Saké hat TAKAHASHI (2) einen (*Mycoderma saprogenes Saké* benannten) Sproßpilz vorgefunden, der selbst durch 17 Vol.-Proz. Alkohol nicht an dem Aufkommen sich hindern ließ. Als Erreger einer mit dem Namen Hyochi belegten, an dem eigenartigen Geruche kenntlichen und oft vorkommenden Krankheit des Saké hat
20 TAKAHASHI (3) auf Grund der Untersuchung an vielen Proben aus verschiedenen Betrieben den in mehreren Varietäten auftretenden neuen *Bacillus saprogenes Saké* beschrieben. Daneben waren meist noch Milchsäure-Bakterien vorhanden, welche jener Forscher für Varietäten von HENNEBERG's Milchsäure-Bakterien (s. S. 298) hält, und Essigsäure-
25 Bakterien, die er als fünf Varietäten des *Bact. Kützingianum* HANSEN (s. S. 554) auffaßt. Auch von dem *Aspergillus Oryzae* (s. Bd. IV, S. 203 u. 243) hat TAKAHASHI (4) drei Varietäten aufgestellt. Die Angabe SANGUINETI's betreffend die Bildung von Essigsäure und Ameisensäure durch diesen Schimmelpilz hat durch SAITO's (1) Nachprüfung keine Be-
30 stätigung gefunden. An der während des Lagerns des Saké sich vollziehenden Nachreife, durch welche eine erwünschte Abnahme der Säurigkeit und die Bildung wohlriechender Ester zustande kommt, betätigten sich in den durch TAKAHASHI und SATO (1) untersuchten Fällen viererlei (neue) Varietäten von *Willia anomala* (s. S. 545).

35 In der **Rumbrennerei** ist das Mitspielen der Essigsäure-Gärung insofern erwünscht, als sie zur Bildung von wohlriechenden Estern beiträgt; insbesondere im Dunder (s. S. 338) stellt sie sich ein, aber auch in dem der sauren Gärung überlassenen Schaume (Skimmings), worüber man W. C. WILLIAMS (1) vergleiche. In der durch K. SAITO (3) unter-
40 suchten Rumbereitung auf den japanischen Bonin-Inseln hingegen scheint eine der *Pichia californica* nahestehende oder mit ihr sogar wesensgleiche Hefe außer der Alkoholgärung auch noch die Bouquetbildung zu besorgen. Eingehendere Untersuchungen über Auftreten und Art der Essigsäure-Bakterien fehlen ebensowohl in betreff jener Betriebe als auch
45 in betreff der ostasiatischen Branntweinbereitung überhaupt, zu deren Kenntnis K. SAITO (4) jüngst einen Beitrag geliefert hat, in welchem einige neue Gärerreger (darunter der durch sein Verhalten zu den Zuckerarten bemerkenswerte *Saccharomyces coreanus*) aus der in Korea gebrauchten Art von sogen. chinesischer Hefe (s. S. 320) beschrieben
50 werden.

Die **Weinbereitung** hat in allen ihren Stufen die Essigsäure-Bakterien zu fürchten. Auf unverletzten grünen Beeren der Weintraube sind freilich sie ebenso wie die Hefen meist in recht übler Lage. Und

auf solche bezieht sich wohl FUHRMANN's (1) Angabe, daß er die Trauben am Weinstocke als von ihnen frei befunden habe und daß die Ansteckung des Mostes mit Essigsäure-Bakterien erst in der Presse (Kelter) sich einstelle, welche der Sitz dieser Schädlinge sei. Daß diese Behauptung nicht allgemein gültig ist, beweist die schon auf S. 376 erwähnte Essigfäule an Beeren ohne sichtbare Verletzung. Durch irgendeine Einwirkung verletzte Beeren zeigen, wie schon auf S. 346 u. 353 betont wurde, auch diese Schmarotzer in üppiger Entwicklung. Gelegenheit zu solcher ergibt sich, wie auf S. 387 bemerkt worden ist, weiterhin während der Gärung der Maische für Rotwein auf den auf dem Moste schwimmenden Trestern. Die Essigsäure-Bakterien des Mostes sterben während dessen Alkoholgärung nicht ab, sondern werden durch die Kohlensäure, wie schon auf S. 354 erwähnt wurde, bloß an der Entwicklung gehindert. Diese kann also im ausgegorenen Jungweine, wenn die Bedingungen günstig sind, alsbald einsetzen; es tritt der Essigstich (s. S. 507) dann ein, die neben dem Kahmigwerden häufigste Krankheit des Weins. Eine beträchtliche Anzahl der bisher beschriebenen Arten von Essigsäure-Bakterien ist ja gerade aus Wein abgeschieden worden. Eine systematische Bearbeitung der Frage nach dem Vorkommen dieser Spaltpilze auf Trauben und in Wein bleibt erst noch zu unternehmen; ein Anfang dazu ist schon durch PEROLD (1) gemacht worden. Bei einer besonderen Erkrankung des Johannisbeer-Weines, welche schon durch J. BEHRENS (1) beobachtet worden war und zunächst durch Abnahme der Säurigkeit sich kundgibt, entsteht (einbasische) Essigsäure neben Alkohol und Kohlensäure nach W. SEIFERT (8) nicht infolge wahrer Essigsäure-Gärung sondern als Ergebnis der Zersetzung der (dreibasischen) Citronensäure durch (in Reinzucht nicht erhaltene) Bakterien, welche auch in Traubenwein-Trub angetroffen wurden und den schon durch A. FITZ (1) im Jahre 1878 studierten Gärerregern in ihrer Wirkungsweise sehr nahe kommen.

In der durch MORGENROTH (1), G. SCHÜTZ (1), K. G. KUYLENSTIERNA (1) und J. THÖNI (1) untersuchten Flora der Limonaden des Handels sind wohl allerlei Schimmelpilze, Sproßpilze und Spaltpilze, jedoch bisher noch nicht auch Essigsäure-Bakterien aufgefunden oder aufgesucht worden.

In Rohrzuckerfabriken in Louisiana soll zufolge C. A. BROWNE (2) das Schleimigwerden der Säfte (s. Bd. II, S. 496) sehr oft durch eine Bakterien-Art herbeigeführt werden, welche jener Forscher für *Bacterium xylinum* hält, obgleich dessen Zooglöen bei der Hydrolyse mittelst Säure nach EMMERLING's Vorgang (s. S. 563) ihm kein Glucosamin geliefert hatten. Eine Zooglöa dieser Art war jedoch wahrscheinlich die durch ED. O. VON LIPPMANN (1) chemisch untersuchte Wucherung, die aus einem mehrere Monate alten verdünnten Ablaufsirup einer Zuckerfabrik als weiße, steife, zähe, verfilzte und chitinhaltige Haut sich ausgeschieden hatte. In einem Falle der Bildung einer größtenteils aus gluconsaurem Kalke zusammengesetzten, an der Wand eines Zuckermagazins entstandenen Masse vermutete W. STANĚK (1) das gleiche Bakterium als Zersetzungserreger, welcher die in ausgeflossenem Zuckersirup enthaltene Glucose oxydiert hatte. Es kann aber auch ein anderes Bakterium am Werke gewesen sein; denn die Fähigkeit zur Oxydation der Glucose zu Gluconsäure ist vielen Arten eigen, auch solchen, welche nicht zu den Essigsäure-Bakterien zählen, so z. B. dem in dieser Hinsicht sehr ergiebigen *Bact. Savastanoi* (*Atherstonii?*) zufolge ALSBERG (1)

und auch den Mycodermen, wie W. Seifert (3, 4, 6) im Verlaufe seiner Untersuchungen über Bildung und Zersetzung organischer Säuren durch diese Sproßpilze (s. Bd. IV, S. 310) festgestellt hat.

Bei der Rotte des Kakao, welche A. Schulte im Hofe (1) neuerdings eingehend beschrieben hat, kommt, wie auf S. 654 des Ersten Bandes dargelegt worden ist, eine wichtige Rolle gewissen Hefen zu, über welche auch Koeppen (1) und O. Loew (2) einige Beobachtungen mitgeteilt haben. Dem letztgenannten Forscher zufolge schließt sich an die durch jene besorgte Alkoholgärung dann die durch Bakterien erregte Essigsäure-Gärung an, durch welche eine beträchtliche Wärmebildung zustande kommt, die nun zum Absterben der Samen führt. Bei der Kaffee-Fermentation, von der auf S. 605 und S. 655 des Ersten Bandes schon die Rede war, liegen nach O. Loew (2) die Verhältnisse in dieser Hinsicht ganz ähnlich, also auch hier zuerst die Bildung von Alkohol, der dann zu Essigsäure oxydiert wird, welche zufolge Loew die Farbe der Bohnen verändert. Nach K. Gorter (1) soll jedoch bei der Kaffee-Fermentation hauptsächlich die Milchsäure-Gärung von Wichtigkeit sein.

Auch im französischen Senf, der ja unter Verwendung von Essig hergestellt wird, hat man mit Essigsäure-Bakterien als Störungserregern zu rechnen. In Fortführung seiner schon auf S. 653 des Ersten Bandes erwähnten Untersuchungen hat A. Kossowicz (2) als Verursacher einer den Geruch, Geschmack und das Aussehen ungünstig verändernden Zersetzung des Senfes während des Lagerns eine Spaltpilz-Art erkannt, welche in Bier eine Essigsäure-Gärung hervorzurufen vermochte und nachweislich aus dem zur Bereitung des Senfes verwendeten Essig herstammte, also gegen Senföl in der im Senf vorhandenen Menge nicht empfindlich ist. Das gleiche scheint merkwürdigerweise von einer *Proteus*-Art zu gelten, welche, nebenbei bemerkt, in einer in Zersetzung geratenen, Uebligkeiten erregenden Probe italienischen Senfes durch Bertarelli und Marchelli (1) vorgefunden wurde, zu deren Abhandlung man die Bemerkungen bei Kossowicz (1) heranziehe.

Ob auch in der japanischen Soja-Sauce, sowohl während deren Bereitung als auch während deren Lagerung, die Essigsäure-Bakterien sich als Schädlinge betätigen, ist noch nicht untersucht; an Alkohol als Gärmaterial mangelt es in ihr zwar nicht, doch wird der hohe Salzgehalt (s. S. 590) vielleicht hinderlich sein. Den auf S. 260 u. f. des Vierten Bandes gemachten Angaben betreffend die Gewinnung, Eigenschaften und Flora dieser Würze seien noch die seitdem erschienenen Abhandlungen von K. Saito (2), Suzuki, Aso und Mitarai (1), T. Mitsuda (1) und S. Fukumoto (1) nachgetragen, von denen der letztgenannte fünf Varietäten von *Willia anomala* in Moromi aufgefunden hat.

In den Erzeugnissen der Molkerei hat man oft mit dem Auftreten von Essigsäure zu rechnen, die freilich nicht das Ergebnis echter Essigsäure-Gärung ist, dennoch aber hier erwähnt werden soll. Weit verbreitet ist die Fähigkeit zur Bildung von Essigsäure als Nebenprodukt bei den Milchsäure-Bakterien, deren große Schar (vergl. Bd. II, S. 85) F. Löhnis (1) zu Untergruppen zu sondern im Jahre 1907 in einer kritischen Abhandlung versucht hat, welcher ein 157 Arbeiten aufzählendes Verzeichnis der zugehörigen Literatur angefügt ist. Verhältnismäßig reichliche Mengen von Essigsäure bildet aus Milchzucker das gemeine *Bact. lactis aerogenes,* das aus diesem Grunde

(s. Bd. II, S. 107) durch BAGINSKY geradezu als *Bacterium aceticum* bezeichnet worden war. Die als Bestandteil der Milch erkannte Citronensäure wird zufolge BOSWORTH und PRUCHA (1) durch das *Bact. lactis aerogenes* unter Abspaltung von zwei Molekülen Essigsäure vergoren. Mit dem Vorkommen dieser letzteren Säure als Stoffwechselprodukt der Milchsäure-Bakterien wird man demnach insbesondere in gewissen Getränken zu rechnen haben, welche aus Milch hergestellt werden, so z. B. in dem neuerdings (s. Bd. II, S. 128) durch PODWYSSOZKI (1), NIKOLAIEWA (1), W. KUNTZE (2) und A. GINZBERG (1) geprüften Kefir, in dem nun genauer durch WEIGMANN (1), DÜGGELI (1), WEIGMANN, GRUBER und HUSS (1) und W. KUNTZE (1) durchforschten Mazun (s. Bd. II, S. 134), in der diesem letzteren ähnlichen und durch CHATTERJEE (1) untersuchten indischen Sauermilch Dadhi und in dem ägyptischen Leben raib (s. Bd. II, S. 135). Diesem letztgenannten Getränke nahe verwandt und gleichfalls etwas essigsäurehaltig ist der Yoghurt, der wohl mit der durch MAZÉ (1) und P. VAN DER WIELEN (1) näher betrachteten Yaourte der Türken (s. Bd. II, S. 135) identisch und Gegenstand einer großen Anzahl von Abhandlungen geworden ist, so von GUERBET (1), von COHENDY (1), von METSCHNIKOFF (1), von FUHRMANN (3), von LUERSSEN und KÜHN (1), von KLOTZ (1), von KUNTZE (1), von SEVERIN (1), von BELONOVSKY (1), von PIORKOWSKI (1), von WHITE und AVERY (1), von MAKRINOFF (1), von [illegible] (3) und von OEHLER (1), und in denen der Widerstreit der Meinungen sich zum Teil auch um die Frage dreht, ob der als *Bacillus bulgaricus* bezeichnete Säuerungserreger mit dem sogen. *Streptobacillus (Streptococcus) lebenis* identisch ist. Wie BERTRAND und WEISWEILLER (1), [illegible] (1) und BERTRAND und DUCHÁČEK (1) festgestellt haben, spaltet und verarbeitet jenes Milchsäure-Bakterium wohl die Lactose, Glucose, Fructose und Galactose, nicht aber auch Saccharose, Maltose, Sorbose, Xylose, Arabinose oder Mannit, bildet also Lactase, die jedoch zufolge BERTRAND und VEILLON (1) nur in Gegenwart von Lactose ausgeschieden wird. Noch nicht erkundet ist das Vorkommen von Essigsäure in dem Gioddu oder Mezzoradu, einer von den Hirten der Gebirge Sardiniens bereiteten besonderen Art von Sauermilch, in welcher zufolge GRIXONI (1) der *Sacch. sardous* und der *Bac. sardous* in Symbiose und als einzige Gärerreger wirken. Essigsäure tritt auch in der mykologisch durch MAZÉ (1) geprüften, in der Bretagne einheimischen gros lait und in dem zu deren Bereitung verwendeten Gärerreger, dem Gweden, auf. Mit Essigsäurebildung als (allerdings seltenen) Störungserscheinung hat man auch bei der Bereitung des Kumys zu rechnen; ob sie auf die Tätigkeit der Milchsäure-Bakterien (s. S. 624) zurückzuführen oder aber als echte Essigsäuregärung und also als Ergebnis der Einwirkung der Essigsäure-Bakterien auf den reichlich (bis 3 Proz.) vorhandenen Alkohol zu deuten ist, bleibt schon aus dem einen Grunde zweifelhaft, weil sie erfahrungsgemäß nur in dem in verschlossenen Flaschen aufbewahrten Kumys auftritt. Auf letztere Tatsache weist B. RUBINSKY (1) in einer Abhandlung hin, welche nicht nur die vorhandene Literatur über dieses Getränk kritisch zusammenstellt und Angaben über dessen Bereitung und Zusammensetzung macht, sondern auch eingehend über eigene Untersuchungen berichtet, nach denen von den darin regelmäßig vorkommenden vier Arten von Gärerregern, nämlich der Kumys-Hefe, dem Kumys-Bakterium, dem *Streptococcus lactis* (*Bact. lactis acidi* LEICHM.) und dem *Bact. lactis aerogenes* (*Bac. acidi lactici* HUEPPE), bloß die zwei erstgenannten für die Kumys-Gärung unerläßlich sind.

Gleichfalls durch Milchsäure-Bakterien entstehen auch jene beträchtlichen Mengen von Essigsäure, welche den Hauptanteil an der Säurigkeit des Brotes ausmachen, das mittelst Sauerteiges (s. Bd. II, S. 513) bereitet wird. Aus diesem letzteren selbst hat PETERS (1) auch ein als 5 *Bacterium C* bezeichnetes echtes Essigsäure-Bakterium abgeschieden. Eine umfassende Untersuchung über Vorkommen und Wirken der Essigsäure-Bakterien auf dem Sauerteige, insbesondere während dessen Altern, fehlt zur Zeit noch.

Literatur

zum Kapitel Die Essigsäure-Gärung.

*Abbott, A. C., (1) The Medical News, Philadelphia, Jan. 2, 1886. *Aldefeld, C. L. W., (1) Journal f. techn. u. ökonom. Chemie, 1832, Bd. 13, S. 283. — (2) Das Geheimnis der Schnell-Essigfabrikation etc., Aachen u. Leipzig 1840. *Alilaire, E., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1906, Bd. 143, S. 176. *Allen und Moor, (1) The Analyst, 1893, Bd. 18, S. 240. *Alsberg, Carl L., (1) Journal of Biological Chemistry, 1911, Bd. 9, S. 1. *Appel, Otto, und Wollenweber, W., (1) Arbeiten a. d. Kais. Biolog. Anstalt f. Land- und Forstwirtschaft, 1910, Bd. 8, Heft 1; Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1910, Bd. 28, S. 435. *Ashdown, Olive Evelin, und Hewitt, John Theodor, (1) Journal Chemical Society London, 1910, Bd. 97, S. 1636. *Astruc, H., (1) Le Vinaigre. Paris 1905. *Bach, A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 124, S. 951. — (2) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1910, Bd. 43, S. 364. — (3) Ebenda, S. 366. — (4) Biochem. Centralbl., 1909, Bd. 9, S. 1. *Bach, A., und Tscherniack, J., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1908, Bd. 41, S. 2345. *Banning, Friedrich, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1902, Bd. 8, S. 395. *Bary, Anton de, (1) Ueber Schimmel u. Hefe. Berlin 1869. — (2) Vorlesungen über Bakterien. 2. Aufl., Leipzig 1887. *Battelli, F., und Stern, L., (1) Biochem. Zeitschrift, 1910, Bd. 28, S. 145; Bd. 29, S. 130. *Bauer, Emil, (1) Chem.-Ztg., 1888, Bd. 12, S. 151 u. 793. *Behrend, W., (1) Z. f. Spiritusindustrie, 1908, Nr. 21, Beilage. *Behrens, Johannes, (1) Bericht d. Großherzogl. Badischen Landw. Versuchsanstalt Augustenberg ü. ihre Tätigkeit im Jahre 1902. Karlsruhe 1903, S. 36. *Beijerinck, Martinus Willem, (1) Centralbl. f. Bakt., 1892, Bd. 11, S. 68. — (2) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1896, Bd. 19, S. 257. — (3) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 449 u. 452. — (4) Ebenda, 1898, Bd. 4, S. 209. — (5) Ebenda, 1899, Bd. 5, S. 425; 1900, Bd. 6, S. 72. — (6) Ebenda, 1911, Bd. 29, S. 169. *Belonovsky, J., (1) Ann. Pasteur, 1908, Bd. 21, S. 991. *Bergsten, Carl, (1) W. f. Brauerei, 1906, Bd. 23, S. 596. *Bertarelli, E., und Marchelli, M., (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1908, Bd. 16, S. 353. *Berthelot, Marcellin, (1) Ann. de chim. et de phys., 1857, 3. sér., Bd. 50, S. 369. *Bertrand, Gabriel, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1896, Bd. 122, S. 900. — (2) Ebenda, 1898, Bd. 126, S. 653. — (3) Ebenda, S. 762. — (4) Ebenda, S. 842. — (5) Ebenda, S. 984. — (6) Ebenda, 1898, Bd. 127, S. 124. — (7) Ebenda, S. 729. — (8) Ebenda, 1900, Bd. 130, S. 1330. — (9) Ebenda, S. 1472. — (10) Ebenda, 1904, Bd. 139, S. 802. — (11) Ebenda, S. 983. — (12) Ebenda, 1908, Bd. 147, S. 201. — (13) Ebenda, 1909, Bd. 149, S. 225. — (14) Ann. Pasteur, 1898, Bd. 12, S. 385. — (15) Ann. de chim. et de phys., 1904, 8. sér., Bd. 3, S. 181. *Bertrand, G., und Ducháček, F., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1909, Bd. 148, S. 1338; 1910, Bd. 151, S. 1161. *Bertrand, G., und Sazerac, R., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1901, Bd. 132, S. 1504. *Bertrand, G., und Veillon, R., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1911, Bd. 152, S. 330. *Bertrand, G., und Weisweiller, Gustav, (1) Ann. Pasteur, 1906, Bd. 20, S. 977; Liebig's Ann., 1907, Bd. 351, S. 486. *Berzelius, Jacob, (1) Jahresbericht, 1839, Bd. 18, S. 402. *Boerhaave, Hermann, (1) Elementa chemiae. Lugduni Batavorum 1732, Bd. 2, S. 179 u. 207. *Böttinger, Carl, (1) Chem.-Ztg., 1900, Bd. 24, S. 793. *Bokorny, Th., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1904, Bd. 12, S. 484. *Bonorden, Hermann Friedrich, (1) Handbuch d. allgem. Mykologie. Stuttgart 1851. *Bosworth, Alfred W., und Prucha, M. J., (1) Journal of Biological Chemistry, 1910, Bd. 8, S. 479. *Boussingault, Josef, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1872, Bd. 74, S. 939. *Boutroux, Léon, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1878, Bd. 86, S. 605. — (2) Ebenda, 1880, Bd. 91, S. 236. *Brefeld, Oskar, (1) Landw. Jahrbücher, 1876, Bd. 5, S. 281. — (2) Untersuchungen a. d. Gesamtgebiete d. Mykologie, 1891, Heft 9, S. 124. *Breton-Lorion, (1) Ref. in Dinglers Journ., 1871, Bd. 201, S. 67. *Brode, Johannes, und Lange, Wilhelm, (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1909, Bd. 30, S. 1. *Bronner, Paul, (1) Lehrbuch d. Essigfabrikation.

Braunschweig 1876. ***Brown,** Adrian J., (1) Journal Chemical Society of London, Transactions, 1886, Bd. 49, S. 172. — (2) Ebenda, S. 432. — (3) Ebenda, 1887, Bd. 51, S. 638. — (4) Ebenda, S. 643. ***Browne,** C. A., jun., (1) Journal American Chemical Society, 1903, Bd. 25, S. 16. — (2) Ebenda, 1906, Bd. 28, S. 453. ***Buchner,** Eduard, (1) Bericht ü. d. 5. intern. Kongreß f. angew. Chemie, Berlin 1903, Bd. 3, S. 496. — (2) W. f. Brauerei, 1906, Bd. 23, S. 374. ***Buchner,** Eduard, und **Gaunt,** Rufus, (1) W. f. Brauerei, 1905, Bd. 22, S. 709. — (2) Liebigs Ann., 1906, Bd. 349, S. 140. ***Buchner.** Eduard, und **Meisenheimer.** Jakob, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1903, Bd. 36, S. 634. — (2) Ebenda, 1906, Bd. 39, S. 3201; 1910, Bd. 43, S. 1773. — (3) Landw. Jahrbücher, 1909, Bd. 38, Ergänzungsband V, S. 265. ***Buchner,** Hans, (1) In: Nägeli, Untersuchungen ü. niedere Pilze. München 1882, S. 205. ***Byschl,** J., (1) Vierteljahrsschrift f. prakt. Pharmacie, 1853, Bd. 2, S. 489; ref. in Archiv der Pharmacie, 1854, Bd. 128, S. 188. ***Calvet.** Louis, (1) Alcool méthylique, Vinaigres, Acides acétique etc.; Paris 1912. ***Carl,** Walther, (1) Zeitschrift für Immunitätsforschung und experim. Therapie, I. Teil, 1910, Bd. 4, S. 700. ***Chaptal,** (1) L'Art de faire le vin. Paris 1819. ***Chatterjee,** G. C., (1) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1910, Bd. 53, Orig., S. 103. ***Chrzaszcz,** Tadeusz, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1902, Bd. 8, S. 431. ***Cienkowski,** L., (1) Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Acad. imp. des Sciences de St. Pétersbourg, 1872, Bd. 8, S. 566. ***Clasing.** J., und **Gilsdorf.** K., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1908, Bd. 12, S. 33 u. 169. ***Cohendy.** (1) Comptes rendus Soc. de Biologie, 1906, Bd. 60, S. 558. ***Cohn,** Ferdinand, (1) Beitr. z. Biol. d. Pflanz., 1872, Bd. 1, Heft 2, S. 127. ***Cohn,** Robert, (1) Zeitschrift f. öffentl. Chemie, 1910, Bd. 16, S. 376; 1911, Bd. 17, S. 2. ***Corsini,** A., (1) Annali d'Igiene sperim., 1904, Bd. 14, S. 487. ***Croner,** Fr., und **Seligmann,** Erich, (1) Z. f. Hyg., 1907, Bd. 56, S. 387. ***Dachs,** J., (1) Beiträge z. Kenntnis d. Torulaceen. Dissert., München 1908; Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1908, Bd. 21, S. 386. ***Davy.** Edmund, (1) Philosophical Transactions, 1820; Schweiggers Journal f. Chemie u. Physik, 1821, Bd. 31, S. 340. ***Dechert,** H., (1) D.R.P. 190 619 v. 8. 8. 1906. ***Delbrück,** Max, und **Schrohe,** A., (1) Hefe. Gärung u. Fäulnis. Berlin 1904. ***Delffs,** (1) Chemical News, 1871, Bd. 24, S. 75. ***Desmazières,** (1) Annales des Sciences nat., 1826, Bd. 10, S. 42; ref. in Journal f. prakt. Chemie, 1838, Bd. 14, S. 474. ***Dingler,** Joh. Gottfried und Emil Maxim., (1) Dinglers Journ., 1826, Bd. 20, S. 203; 1831, Bd. 39, S. 317; 1832, Bd. 45, S. 433. ***Döbereiner,** Joh. Wolfg., (1) Anleitung z. kunstmäßigen Bereitung verschiedener Arten Essige. 1. Aufl., Jena 1814; 2. Aufl., 1816, S. 73. — (2) Schweiggers Journal f. Chemie und Physik, 1821, Bd. 33, S. 414. — (3) Gilberts Annalen d. Physik, 1822, Bd. 72, S. 193. — (4) Zur Gärungschemie etc. Jena 1822. ***Dombrowski.** W., (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1908, Bd. 7, S. 247. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 28, S. 345. ***Donselt,** W., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1907, Bd. 11, S. 246. ***Dony,** O., (1) Bulletin de l'Acad. royale Belgique, Cl. des Sciences, 1908, S. 105. ***Dony,** O., und **van Duuren,** J., (1) Bulletin de l'Acad. royale Belgique, Cl. des Sciences, 1907, S. 537. ***Doolittle,** R. E., und **Hess,** W. H., (1) Journal American Chemical Society, 1900, Bd. 22, S. 218. ***Duchemin,** René, und **Dourlen.** Jacques, (1) Bulletin de l'Assoc. des Chimistes de Sucr. et de Dist., 1904/5, Bd. 12, S. 1293; Comptes rend. de l'Ac., 1905, Bd. 140, S. 1466. ***Dufour,** L., und **Daniel,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 125, S. 1125. ***Düggeli,** Max, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 15, S. 577. ***Eckenroth,** Hugo, (1) Pharmaceut. Ztg., 1889, Bd. 34, S. 14. ***Effront,** Jean, (1) Moniteur scientifique, 1893, 4. sér., Bd. 7, S. 182. — (2) Comptes rend. de l'Ac., 1894, Bd. 119, S. 169. — (3) Ebenda, 1910, Bd. 151, S. 1007; 1911, Bd. 152, S. 463. ***Ehrlich,** Felix, (1) Biochem. Zeitschrift, 1906, Bd. 1, S. 8, u. Bd. 2, S. 52; 1908, Bd. 8, S. 438. — (2) Ebenda, 1909, Bd. 18, S. 391. — (3) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1906, Bd. 39, S. 4072; 1907, Bd. 40, S. 1027. — (4) Ebenda, 1911, Bd. 44, S. 139. — (5) Landw. Jahrbücher, 1909, Bd. 38, Ergänzungsband V, S. 289. — (6) D.R.P. 177 174 v. 1. 4. 1905. — (7) Biochemische Zeitschrift, 1911, Band 36, S. 477. ***Ehrlich,** Felix, und **Jacobsen,** K. A., (1) Berichte der Deutschen Chemisch. Ges., 1911, Band 44, Seite 888. ***Emmerling,** Oskar, (1) Berichte der Deutschen Chemischen Ges., 1899, Bd. 32, S. 541. ***Engel,** (1) Les ferments alcooliques. Thèse. Paris 1872. ***Esten,** W. M., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd 27, S. 225. ***Euler,** Hans, und **Bolin,** Ivan, (1) Z. f. physiolog. Chemie, 1908, Bd. 57, S. 80; 1909, Bd. 61, S. 1. ***Fairley,** T., (1) The Analyst, 1909, Bd. 34, S. 515. ***Farnsteiner,** K., (1) Forschungsberichte ü. Lebensmittel etc., 1896, Bd. 3, S. 54. — (2) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1899, Bd. 2, S. 198. — (3) Ebenda, 1908, Bd. 15, S. 321. ***Fernbach,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1910, Bd. 151, S. 1004. ***Filaudeau,** G., und **Vitoux,** (1) Annales des Falsifications, 1909, Bd. 2, S. 278. ***Fincke,** Heinrich, (1) Apotheker-Ztg., 1910, Bd. 25, S. 727. — (2) Die deutsche Essigindustrie, 1911, Bd. 15, S. 145. — (3) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel, 1911, Bd. 21, S. 655. — (4) Ebenda, 1911, Bd. 21, S. 1, u. Bd. 22, S. 88. ***Fitz,** Albert, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1876, Bd. 9, S. 1348; 1877, Bd. 10, S. 276; 1878, Bd. 11, S. 42 u. 1890; 1879, Bd. 12,

S. 474; 1880, Bd. 13, S. 1309; 1882, Bd. 15, S. 867. *Fleury, P., (1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 1910, 7. sér., Bd. 2, S. 264. *Foerster, Rudolf, (1) Biochem. Centralbl., 1910, Bd. 9, S. 789. *Fontenelle, Julia de, (1) Manuel théorique et pratique du vinaigrier etc., 2. Aufl., Paris 1836; deutsch von G. H. Haumann, Ilmenau 1828. *Formenti, Carlo, und Scipiotti, Aristide, (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1906, Bd. 12, S. 283. *Franzen, Hartwig, und Steppuhn, O., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1911, Bd. 44, S. 2915. *Fresenius, W., (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1905, Bd. 10, S. 121. — (2) Ebenda, 1907, Bd. 14, S. 199. *Freund, August, (1) Monatsh. f. Chem., 1890, Bd. 11, S. 560. *Frings, Heinrich, jun., (1) D.R.P. 168 858 v. 21. 2. 1905; Die deutsche Essigindustrie, 1908, Bd. 12, S. 105. — (2) D.R.P. 176 734 v. 8. 6. 1905; Z. f. Spiritusindustrie, 1907, Bd. 30, S. 335. — (3) D.R.P. 201 304 v. 2. 3. 1907; Die deutsche Essigindustrie, 1908, Bd. 12, S. 322. *Frobenius, Aug. Ludw., (1) Chem.-Ztg., 1900, Bd. 24, S. 369; 1901, Bd. 25, S. 475. *Froehner, A., (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1905, Bd. 9, S. 361. *Fuhrmann, Franz, (1) Beihefte z. Botan. Centralbl., 1905, Bd. 19, Abt. 1, Heft 1; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 15, S. 377. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 16, S. 309; 1907, Bd. 17, S. 356 und Bd. 19, S. 117. — (3) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel, 1907, Bd. 13, S. 598. *Fukumoto, S., (1) Cit. u. Takahashi u. Sato (1). *Fulmeck, Leopold, (1) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1910, Bd. 13, S. 121. *Galli-Valerio und Bornand, M., (1) Zeitschrift f. Immunitätsforschung u. experim. Therapie, I. Teil, 1910, Bd. 7, S. 331. *Geiger, Arthur, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 27, S. 97. *Gessard, C., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1900, Bd. 130, S. 1327. *Gibbs, H. D., (1) The Philippine Journal of Science, 1911, Bd. 6, S. 99; ref. in Chem. Centralbl., 1911, Bd. II, S. 1279. *Ginzberg, Alexander, (1) Biochem. Zeitschrift, 1910, Bd. 30, S. 1 u. 25. *Giunti, Michele, (1) Staz. sperim. agr. ital., 1890, Bd. 18, S. 172. *Glaser, (1) Indikatoren der Alkalimetrie u. Acidimetrie. Wiesbaden 1901. *Glauber, Johann Rudolf, (1) Gründliche und wahrhaftige Beschreibung, wie man aus den Weinhefen einen guten Weinstein in großer Menge extrahieren soll. Nürnberg 1654. *Gmelin, Leopold, (1) Handbuch d. theoret. Chemie. Frankfurt a. M. 1829, Bd. 2, S. 280 u. 1113. *Gore, H. C., (1) Journal American Chemical Society, 1907, Bd. 29, S. 759. *Gorter, K., (1) Liebigs Ann., 1910, Bd. 372, S. 237. *Grixoni, G., (1) Annali della medicina navale, 1905, Bd. 2, Nr. 3; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 15, S. 750. *Guerbet, (1) Comptes rendus Soc. de Biologie, 1906, Bd. 60, S. 495. *Guilliermond, A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1908, Bd. 147, S. 1329. — (2) Ebenda, 1909, Bd. 148, S. 941. — (3) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 24, S. 480. — (4) Comptes rendus Soc. de Biologie Paris, 1909, Bd. 66, S. 925. — (5) Revue gén. de Botanique, 1909, Bd. 21, S. 353. *van der Haar, A. W., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1910, Bd. 43, S. 1321. *Haas, Bruno, und Fischer, Walter, (1) Archiv f. Chemie u. Mikroskopie, 1909, Bd. 2, S. 222. *Hailer, E., (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1911, Bd. 36, S. 297. *Ham, Joh., (1) Engl. Patent v. 7. 10. 1824; ref. in Dinglers Journ., 1826, Bd. 19, S. 578. *Hansen, Emil Christian, (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1879, Bd. 1, S. 49. — (2) Ebenda, S. 96. — (3) Ebenda, 1894, Bd. 3, S. 182. — (4) Ebenda, 1900, Bd. 5, S. 39. — (5) Centralbl. f. Bakt., 1889, Bd. 5, S. 632. — (6) Bot. Ztg., 1892, Bd. 50, S. 312. — (7) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1893, Bd. 11, S. 69. — (8) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1908, Bd. 45, Orig., S. 466. — (9) Gesammelte theoret. Abhandlungen ü. Gärungsorganismen. Jena 1911, S. 481. *Harden, Arthur, (1) Alcoholic Fermentation. London 1911; J. federated Inst. Brewing, 1910, S. 623; W. f. Brauerei, 1911, Bd. 28, S. 104. *Hassack, Paul, (1) Gärungsessig. Wien u. Leipzig 1904. *Hasselbring, Heinrich, (1) Botanical Gazette, 1908, Band 45, Seite 176. *von der Heide, C., und Baragiola, W. I., (1) Landw. Jahrbücher, 1910, Band 39, Seite 1021. *Heinzelmann, Gustav, (1) Zeitschrift für Spiritusindustrie, 1883, Bd. 6, S. 88. — (2) Ebenda, 1884, Bd. 7, S. 369. — (3) Ebenda, S. 1040. *Heinzelmann, Robert, (1) W. f. Brauerei, 1900, Bd. 17, S. 478. — (2) Ebenda, 1906, Bd. 23, S. 105; auch als Buch erschienen, Berlin 1906. *Heller, Heinrich, (1) Die deutsche Essigindustrie, 1906, Bd. 11, S. 33 u. 78. *Henneberg, Wilhelm, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 223. — (2) Ebenda, 1898, Bd. 4, S. 14. — (3) Ebenda, 1905, Bd. 14, S. 681. — (4) Z. f. Spiritusindustrie, 1898, Bd. 21, S. 180. — (5) Ebenda, 1906, Bd. 29, S. 34. — (6) Ebenda, S. 442; W. f. Brauerei, 1906, Bd. 23, S. 527. — (7) Die deutsche Essigindustrie, 1898, Bd. 2, S. 145. — (8) Ebenda, 1899, Bd. 3, S. 354; 1900, Bd. 4, S. 3. — (9) Ebenda, 1902, Bd. 6, S. 101. — (10) Ebenda, S. 333. — (11) Ebenda, 1905, Bd. 9, S. 369. — (12) Ebenda, S. 393. — (13) Ebenda, 1906, Bd. 10, S. 89. — (14) Ebenda, 1907, Bd. 11, S. 261. — (15) Ebenda, 1910, Bd. 14, S. 129. — (16) W. f. Brauerei, 1901, Bd. 18, S. 159. — (17) Gärungsbakteriolog. Praktikum. Berlin 1909. *Henneberg, W., und Wilke, R., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1902, Bd. 6, S. 213. *Henri, Victor, und Schnitzler, Josef, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1909, Bd. 149, S. 312. *Hermbstädt, Sigismund Friedrich, (1) Anleitung zu einer gemeinnützigen Kenntnis

d. Natur, Fabrikation u. Nutzanwendung des Essigs etc., Berlin 1807. — (2) Journal f. techn. u. ökonom. Chemie, 1831, Bd. 11, S. 250. ***Hertkorn,** J., (1) Chem.-Ztg., 1910, Bd. 34, S. 1090. ***Hintz,** E., (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1899, Bd. 2, S. 132. ***Hirschfeld,** E., (1) Pflügers Archiv, 1890, Bd. 47, S. 510. ***Hlasiwetz,** Heinrich, und **Habermann,** Josef, (1) Liebigs Ann., 1870, Bd. 155, S. 123. ***Hoffmann,** Wilhelm, (1) Die deutsche Essigindustrie, 1907, Bd. 11, S. 9. — (2) Ebenda, 1908, Bd. 12, S. 202. — (3) Ebenda, 1910, Bd. 14, S. 369. ***Hofmann,** J. J., (1) Pharmaceutisch Weekblad, 1905, Bd. 42, S. 704. ***Holtz,** Wilhelm, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1901, Bd. 7, S. 113 u. 599. ***Hoyer,** Dirk Peter, (1) Bijdrage tot de Kennis van de Azijnbakteriën. Leidener Dissert., Delft 1898; deutsch in Die deutsche Essigindustrie, 1899, Bd. 3, S. 1. ***Issajew,** W., (1) Z. f. physiolog. Chemie, 1905, Bd. 45, S. 331. ***Jansen,** Hans, (1) Oevers. o. d. Kgl. Danske Vitensk. Selskabs Forh., 1910, S. 295; ref. in Chem. Centralbl., 1910, Bd. II, S. 1076. ***Jensen,** Orla, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 22, S. 97 u. 305. ***Jensen,** P. Boysen, (1) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1908, Bd. 26a, S. 666. ***Jörgensen,** Alfred, und **Holm,** Just Christian, (1) Moniteur scientifique, 1893, 4. sér., Bd. 7, S. 179. — (2) Z. f. Spiritusindustrie, 1893, Bd. 16, S. 150. ***Jonscher,** A., (1) Zeitschrift f. öffentl. Chemie, 1905, Bd. 11, S. 467. ***Juch,** C. W., (1) Die Kunst der Essig-Bereitung. Nürnberg 1818. ***Kappeller** und **Theopold,** (1) Bericht d. Nahrungsmittel-Untersuchungsamtes Magdeburg pro 1908, S. 17; ref. in Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1909, Bd. 17, S. 718. ***Karauschanow,** S., (1) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1911, Bd. 29, S. 322. ***Kastner,** K. W. G., (1) C. Jahn's von allen Fehlern gereinigte Malz-Essigbrauerei. 3. Aufl., Eisenach 1818. — (2) Theorie der Polytechnomie, 2. Bd., Eisenach 1828, S. 483. — (3) Journal f. techn. u. ökonom. Chemie, 1831, Bd. 11, S. 122. ***Kayser,** Edmund, (1) L'industrie laitière, 1906, Bd. 31, S. 586. ***Kayser,** E., und **Demolon,** A., (1) Annales de la Brasserie et de la Distillerie, 1907, S. 313; ref. in W. f. Brauerei, 1907, Bd. 24, S. 503. ***Kayser,** R., (1) Zeitschrift f. öffentl. Chemie, 1900, Bd. 6, S. 493. ***Kendall,** Wm. H., (1) Midl. Drugg and Pharm. Rev., 1910, Bd. 44, S. 78; ref. in Chem. Centralbl., 1910, Bd. I, S. 1622. ***Kippenberger,** C., (1) Zeitschrift f. angewandte Chemie, 1911, Bd. 24, S. 2006. ***Kirchhof,** F., (1) Die Essigfabrikation etc. nebst d. neuesten vervollkommneten Schnell-Essigfabrikation etc., Leipzig u. Torgau 1836. ***Kittel,** (1) Repert. f. d. Pharmacie, 1831, Bd. 36, S. 96. ***Klein,** E., (1) Micro-Organisms and disease. London 1884. ***Kling,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1899, Bd. 128, S. 244, und Bd. 129, S. 1252. — (2) Ebenda, 1901, Bd. 133, S. 231. ***Klöcker,** Albert, (1) Comptes rendus de Carlsberg, 1909, Bd. 7, S. 267. — (2) Ebenda, S. 273. ***Klotz,** Max, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1908, Bd. 21, S. 392; 1909, Bd. 22, S. 437. ***Knapp,** Fr., (1) Liebigs Ann., 1842, Bd. 42, S. 113. ***Knieriem,** Woldemar von, und **Mayer,** Adolf, (1) Landw. Versuchsstationen, 1873, Bd. 16, S. 305. ***Koeppen,** (1) Der Tropenpflanzer, 1907, Nr. 8; ref. in W. f. Brauerei, 1907, Bd. 24, S. 592. ***Kossowicz,** Alexander, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 22, S. 231. — (2) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1909, Bd. 12, S. 464; 1910, Bd. 13, S. 95. ***Krauß,** C., (1) W. f. Brauerei, 1908, Bd. 25, S. 813. ***Kreps,** Victor, (1) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1910, Bd. 13, S. 551. ***Krüger,** W., (1) In: Zopf's Beiträge z. Physiologie u. Morphologie niederer Organismen, 1894, Heft 4, S. 69; Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1895, Bd. 5, S. 306. ***Kützing,** Friedrich Traugott, (1) J. f. prakt. Chem., 1837, Bd. 11, S. 385. ***Kuntze,** W., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1908, Bd. 21, S. 737. — (2) Ebenda, 1909, Bd. 24, S. 101. ***Kunz,** Rudolf, (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1901, Bd. 4, S. 673. ***Kurono,** K., (1) Journal College of Agriculture, Tokyo, 1911, Bd. 1, S. 283. — (2) Ebenda, S. 301. ***Kurzwelly,** Walther, (1) Jahrb. wiss. Bot., 1902, Bd. 38, S. 291. ***Kuylenstierna,** K. G., (1) Ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 24, S. 236. ***Lafar,** Franz, (1) Centralbl. f. Bakt., 1893, Bd. 13, S. 684. — (2) Ebenda, 2. Abt., 1895, Bd. 1, S. 129. ***Langer,** Josef, (1) Arch. f. Hyg., 1909, Bd. 71, S. 308. ***Langkopf,** O., (1) Pharmaceut. Ztg., 1911, Bd. 56, S. 107. ***Laurent,** Emil, (1) Ann. Pasteur, 1888, Bd. 2, S. 597. ***Lavoisier,** Antoine Laurent, (1) Traité élémentaire de Chimie. 2. Aufl., 1793, Bd. 1, S. 159. ***Leach,** Albert E., (1) State Board of Health of Massachusetts, 34. Jahresber., 1903, S. 483. ***Leach,** A. E., und **Lythgoe,** H. C., (1) Journal American Chemical Society, 1904, Bd. 26, S. 375. ***Lebedew,** Alexander von, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1911, Bd. 153, S. 136. — (2) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1911, Bd. 44, S. 2932. ***Leberle,** Hans, (1) Beiträge zur Kenntnis d. Gattung Mycoderma. Techn. Dissert., München 1909. ***Lehmann,** K. B., und **Sano,** (1) Arch. f. Hyg., 1908, Bd. 67, S. 99. ***Lenz,** Wilhelm, (1) Apotheker-Ztg., 1910, Bd. 25, S. 678. ***Lenze,** W. J., (1) Chem.-Ztg., 1906, Bd. 30, S. 1299; 1907, Bd. 31, S. 270; Die deutsche Essigindustrie, 1907, Bd. 11, S. 2, 64 u. 77. ***Leuchs,** Johann Carl, (1) Journal f. techn. u. ökonom. Chemie, 1829, Bd. 4, S. 247. — (2) Ebenda, 1833, Bd. 16, S. 373. — (3) Die Essigfabrikation. 4. Aufl., Nürnberg 1840. ***Lewis,** Charles E., (1) Maine Agric. Exper. Station, 1910,

Bulletin Nr. 178; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1911, Bd. 29, S. 102. ***Liebig,** Justus, (1) Annalen d. Pharmacie, 1835, Bd. 14, S. 133. — (2) Ebenda, 1837, Bd. 21, S. 113. — (3) Ebenda, 1839, Bd. 30, S. 129 u. 144. — (4) Ebenda, S. 250. — (5) Liebigs Ann., 1849, Bd. 71, S. 120. — (6) Ebenda, 1870, Bd. 153, S. 1 und 137. ***Lindner,** G., (1) Centralbl. f. Bakt., 1889, Bd. 6, S. 633. ***Lindner,** Paul, (1) W. f. Brauerei, 1889, Bd. 6, S. 1069; 1896, Bd. 13, S. 1231. — (2) Ebenda, 1898, Bd. 15, S. 328. — (3) Mikroskop. Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben etc., 1. Aufl., Berlin 1895. — (4) Desgl., 2. Aufl., 1898. — (5) Desgl., 3. Aufl., 1901. — (6) Desgl., 4. Aufl., 1905. — (7) Desgl., 5. Aufl., 1909. — (8) Die deutsche Essigindustrie, 1912. Band 16, Seite 111. ***Lindner,** Paul, und **Cziser,** Stefan, (1) W. f Brauerei, 1912, Bd. 29, S. 1. ***Lindner,** Paul, und **Schellhorn,** B., (1) W. f. Brauerei, 1900, Band 17, Seite 505. ***Lippmann,** Edmund O. von, (1) Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 1911, Band 44, S. 3716. ***Löb,** Walther, (1) Zeitschrift für Elektrochemie, 1905, Band 11, Seite 745; Landw. Jahrbücher, 1906, Bd. 35, S. 541; Biochem. Zeitschrift, 1910. Bd. 29, S. 311. ***Löhnis,** Felix, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 18, S. 97; 1909, Bd. 22, S. 553; 1911, Bd. 29, S. 331, und Bd. 30, S. 341 u. 343. ***Loew,** Oscar, (1) Centralbl. f. Bakt., 1892, Bd. 12, S. 462. — (2) Annual Report Porto Rico Agricult Experiment Station for 1907, S. 41; ref. in Chem. Centralbl., 1908, Bd. II, S 809. ***Loock,** (1) Zeitschrift f. öffentl. Chemie, 1910, Bd. 16, S. 350. ***Ludwig,** Friedrich, (1 Verhandlungen d. Bot. Vereines d. Provinz Brandenburg, 1886, Bd. 28, S. 4. — (2) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1886, Bd. 4, S. XVII. — (3) Deutsche Bot. Monatsschrift, 1890, Bd. 8, S. 91. — (4) Centralbl. f. Bakt., 1888, Bd. 4, S. 323 u. 453. — (5) Ebenda, 1889, Bd. 6, S. 133. — (6) Ebenda, 1891, Bd. 10, S. 10. — (7) Ebenda, S. 214. — (8) Z. f. Pflanzenkrankheiten, 1899, Bd. 9, S. 10. — (9) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt, 1896, Bd. 2, S. 337. ***Lüders,** R., (1) Zeitschrift f. öffentl. Chemie, 1899, Bd. 5, S. 459. ***Lührig,** H., (1) Pharmaceut. Centralhalle, 1907, Bd. 48, S. 863. ***Lührig,** H., und **Sartori,** A., (1) Jahresbericht d. Chem. Untersuchungsamtes Breslau 1808/09, S. 35; ref. in Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1910, Bd. 19, S. 411. ***Luerssen,** Arthur, und **Kühn,** M., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1908, Bd. 20, S. 234. ***Lythgoe,** Hermann C., (1) State Board of Health of Massachusetts, 39. Report, 1907, S. 376. ***Macheleidt,** (1) W. f. Brauerei, 1898, Bd. 15, S. 365. ***Malacarne,** Mario, (1) Giornale Farm. Chim., 1907, Bd. 56, S. 49; ref. in Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1910, Bd. 19, S. 412. ***Mansfeld,** M., (1) Vierzehnter Jahresbericht d. Untersuchungsanstalt d. Allg. Oesterr. Apotheker-Vereins in Wien, 1901/02, S. 13 ***Margaillan,** L., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1910, Bd. 150, S. 45. ***Markrinoff,** S., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 26, S. 374. ***Martinotti,** (1) Revue scientifique, 1895, 3 mars; cit. n. Seifert (2). ***Mastbaum,** Hugo, (1) Revista de Chimica pura e applicada, 1907, Bd. 3, S. 152 u. 178. ***Mathieu,** (1) Bulletin de l'Assoc. des Chimistes de Sucr. et de Dist., 1905, Bd. 22, S. 1283. ***Matrot,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1897, Bd. 125, Seite 874. ***Maurizio,** A., (1) Centralblatt für Bakteriologie, 2. Abt., 1906, Band 15, S. 606. ***Mazé,** P., (1) Ann. Pasteur, 1905, Bd. 19, S. 378 u. 481. ***Meillère,** G., (1) Journal de Pharm. et de Chimie, 6. sér., 1906, Bd. 24, S. 241; 1907, Bd. 26, S. 300; 1908, Bd. 28, S. 289; 1909, Bd. 30, S. 247. ***Meillère,** G., und **Fleury,** P., (1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 1910, 7. sér., Bd. 1, S. 348. ***Mendel,** Joh., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1911, Bd. 29, S. 290. ***Metschnikoff,** Elias, (1) Revue générale de Chimie pure et appl., 1907, Bd. 10, S. 77. ***Mitsuda,** T., (1) Journal College of Agriculture Tokyo, 1911, Bd. 1, S. 345. ***Möslinger,** W., (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1905, Bd. 10, S. 125. ***Mohr,** O., (1) W. f. Brauerei, 1906, Bd. 23, S. 374. ***Morgenroth,** (1) Hyg. Rundschau, 1899, Bd. 9, S. 176. ***Moufang,** Ed., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1912, Bd. 35, S. 77. ***Mulder,** Gerardus Johannes, (1) Liebigs Ann. 1843, Bd. 46, S. 207. ***Nadson,** G. A., und **Batschinskaja,** A. A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1911, Bd. 30, S. 613. ***Nägeli,** Carl von, (1) Theorie der Gärung. München 1879. ***Nakazawa,** R., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 22, S. 529. ***Naumann,** Karl Wilhelm, (1) Dissert., Berlin 1910; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1912, Bd. 31, S. 291. ***Neger,** F. W., (1) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1908, Bd. 26a, S. 735, und Bd. 27, S. 372; 1910, Bd. 28, S. 455; 1911, Bd. 29, S. 50. ***Neubauer,** Otto, und **Fromherz,** Konrad, (1) Z. f. physiolog. Chemie, 1911, Bd. 70, S. 326. ***Nikolajewa,** E. J., (1) Bulletin Jardin imp. bot. de St. Pétersbourg, 1907, Bd. 7, S. 121. ***Nuttall,** George H. F., (1) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1895, Bd. 17, S. 131. ***Oehler,** Rudolf, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1911, Bd. 30, S. 149. ***Okuda,** Y., (1) Journal College of Agriculture Tokyo, 1911, Bd. 1, S. 315. ***Ost,** H., und **Klein,** F., (1) Chem.-Ztg., 1908, Bd. 32, S. 815. ***Otto,** Fr. Jul., (1) Lehrbuch d. Essigfabrikation. Braunschweig 1840. — (2) Desgl., 2. Aufl., 1866. ***Parmentier,** A. A., (1) Die Kunst d. Branntweinbrennens etc. nebst d. Kunst einfache u. zusammengesetzte Essige zu bereiten etc. Deutsch von L. W. Juch. Pest 1820. ***Pasteur,** Louis, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1859, Bd. 48, S. 337. — (2) Ebenda, 1862, Bd. 54, S. 265. — (3) Ebenda 1862,

Bd. 55, S. 28. — (4) Annales scientifiques de l'Ecole norm. sup., Paris, 1864, Bd. 1, S. 113. — (5) Etudes sur le vinaigre. Paris 1868. Deutsche (fehlerhafte) Uebersetzung von E. Borgmann: Der Essig. Braunschweig 1878. — (6) Ann. de chim. et de phys., 1872, 4. sér., Bd. 25, S. 145. ***Pastureau,** (1) Journal de Pharmacie et de Chimie, 6. sér., 1905, Bd. 21, S. 593; 1908, Bd. 27, S. 10. ***Paul,** Theodor, und **Günther,** Adolf, (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1905, Bd. 23, S. 189; 1908, Bd. 29, S. 218. ***Peck,** Charles H., (1) Annual Report of the State Botanist of the State of New York, Albany 1891, S. 75; ref. in Centralbl. f. Bakt., 1892, Bd. 12, S. 40. ***Pelouze,** Julius, (1) Ann. de chim. et de phys., 1852, 3. sér., Bd. 35, S. 222. ***Péré,** A., (1) Ann. Pasteur, 1896, Bd. 10, S. 417. ***Perold,** Abrah. Isaak, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 24, S. 13. ***Perrier,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1910, Bd. 151, S. 163. ***Persoon,** Christian Hendrik, (1) Mycologia europaea. Erlangen 1822, 1. Teil, S. 96. ***Peters,** W. L., (1) Bot. Ztg., 1889, Bd. 47, S. 405. ***Pfund,** Paul, (1) Dinglers Journal, 1874, Band 211, Seite 280. ***Piorkowski,** M., (1) Berichte der Deutschen Pharmac. Ges., 1908, Bd. 18, Seite 90. ***Podwyssozki,** W., (1) Zeitschrift für diätet. und physik. Therapie, 1902, Bd. 5, S. 570. ***Popp,** G., (1) Zeitschrift für Unters. der Nahrungs- und Genußmittel, 1903, Bd. 6, S. 952. ***Possetto,** (1) La Chimica del Vino. Turin 1897. ***Pringsheim,** Hans H., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 15, S. 300. — (2) Biochem. Zeitschrift, 1907, Bd. 3, S. 121; 1908, Bd. 8, S. 128, und Bd. 10, S. 490; 1909, Bd. 16, S. 243. ***Quantin,** H., (1) Moniteur scientifique, 1896, 4. sér., Bd. 10, S. 171. ***Quevenne,** T. A., (1) Journal de Pharmacie, 1838, Bd. 24, S. 265 und 329; ref. in Journal f. prakt. Chemie, 1838, Bd. 14, S. 328 u. 458. ***Ratcliff,** F. D., (1) The Analyst, 1907, Bd. 32, S. 85. — (2) Ebenda, 1909, Bd. 34, S. 517. ***Reess,** Max, (1) Botan. Untersuchungen ü. d. Alkoholgärungspilze. Leipzig 1870; Bot. Ztg., 1869, Bd. 27, S. 105. ***Reisch,** Rudolf, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1905, Bd. 14, S. 572. ***Richardson,** F. W., und **Bowen,** J. L., (1) Jour. Society Chem. Ind., 1906, Bd. 25, S. 836. ***Rigler,** G. von, (1) Oesterr. Chemiker-Zeitg., 1902, Bd. 5, S. 97. ***Röhrig,** Armin, (1) Bericht d. Chem. Untersuchungsanstalt Leipzig pro 1905, S. 35; ref. in Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1907, Bd. 13, S. 62. — (2) Bericht etc. pro 1907, S. 34; ref. in Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1908, Bd. 16, S. 545. ***Rose,** Ludwig, (1) Ref. in W. f. Brauerei, 1910, Bd. 27, S. 440. — (2) Dissert., Berlin 1910; ref. in W. f. Brauerei, 1910, Bd. 27, S. 525. ***Rosenfeld,** A. D., (1) Oxydase aus Rettichwurzel. Dissert., St. Petersburg 1906. ***Rothenbach,** Fritz, (1) W. f. Brauerei, 1898, Bd. 15, S. 445. — (2) Ebenda, 1899, Bd. 16, S. 41. — (3) Ebenda, 1906, Bd. 23, S. 260. — (4) Die deutsche Essigindustrie, 1897, Bd. 1, S. 233; 1898, Bd. 2, S. 1. — (5) Ebenda, 1899, Bd. 3, S. 127 u. 146. — (6) Ebenda, 1901, Bd. 5, S. 9. — (7) Ebenda, 1902, Bd. 6, S. 25. — (8) Ebenda, S. 49. — (9) Ebenda, S. 237. — (10) Ebenda, S. 397. — (11) Ebenda, S. 405. — (12) Ebenda, S. 422. — (13) Ebenda, 1903, Bd. 7, S. 89. — (14) Ebenda, 1904, Bd. 8, S. 149. — (15) Ebenda, 1905, Bd. 9, S. 217. — (16) Ebenda, S. 405. — (17) Ebenda, 1906, Bd. 10, S. 162. — (18) Ebenda, S. 321. — (19) Ebenda, S. 345. — (20) Ebenda, 1907, Bd. 11, S. 101 u. 205. — (21) Ebenda, S. 184. — (22) Ebenda, 1909, Bd. 13, S. 293 und 305. — (23) Jahrbuch d. Vereins d. Spiritus-Fabrikanten in Deutschland, 1907, Bd. 7, S. 221. — (24) Ebenda, S. 217. — (25) Die Untersuchungsmethoden u. Organismen des Gärungsessigs u. seiner Rohstoffe. Berlin 1907. — (26) Die deutsche Essigindustrie, 1911, Bd. 15, S. 373. ***Rothenbach,** Fr., und **Donselt,** W., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1907, Bd. 11, S. 422. — (2) Ebenda, S. 349. ***Rothenbach,** Fr., und **Eberlein,** L., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1905, Bd. 9, S. 233. ***Rothenbach,** Fr., und **Hoffmann,** W., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1906, Bd. 10, S. 17. — (2) Ebenda, 1907, Bd. 11, S. 125. — (3) Z. f. Spiritusindustrie, 1907, Bd. 30, S. 368; Die deutsche Essigindustrie, 1907, Bd. 11, S. 41. ***Rothenbach,** Fr., und **Rossmann,** H., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1910, Bd. 14, S. 354. ***Rozier,** François, (1) Cours complet d'agriculture etc., 1786, Band 4, S. 525. ***Rubinsky,** Benjamin, (1) Dissert., Leipzig 1910; Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 28, S. 161. ***Russ,** Victor, (1) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1904, Bd. 37, Orig., S. 115. ***Russell,** Edward, und **Hodgson,** T. R., (1) The Analyst, 1910, Bd. 35, S. 346. ***Sadebeck,** R., (1) Sitzungsbericht d. Ges. f. Botanik zu Hamburg, 1886, Bd. 2, S. 39. ***Saito,** K., (1) The Botanical Magazine, Tokyo, 1907, Bd. 21, S. 7. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 17, S. 20. — (3) Ebenda, 1908, Bd. 21, S. 675. — (4) Ebenda, 1910, Bd. 26, S. 369. ***Salomone,** G., (1) Giorn. Farm. Chim., 1905, Bd. 54, S. 241. ***Salzer,** C. F., (1) Die beste u. wohlfeilste Bereitungsart des Essigs etc. 1831. ***Saussure,** Nic. Theod. de, (1) Recherches chimiques sur la végétation. Paris 1804, S. 145. ***Sazerac,** R., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1903, Bd. 137, S. 90. ***Schade,** H., (1) Zeitschrift f. physikal. Chemie, 1906, Bd. 57, S. 1. ***Scheckenbach,** Josef, (1) Dissert., Erlangen 1911; ref. in Centralbl. für Bakt., 2. Abt., 1912, Bd. 34, S. 1. ***Scheele,** Carl Wilhelm, (1) Kongl. Vetenskaps Academiens nya Handlingar, Stockholm, 1782, Bd. 3, S. 120. ***Schimon,** Otto, (1) Beiträge zur Kenntnis rot gefärbter niederer Pilze. Dissert.,

München 1911. ***Schmidt,** Eugen, (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1906, Bd. 11, S. 386. ***Schnitzler,** Josef, und **Henri,** Victor, (1) Biochem. Zeitschrift, 1910, Bd. 25, S. 263. ***Schönfeld,** F., (1) W. f. Brauerei, 1901, Bd. 18, S. 274. — (2) Jahrbuch d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin, 1906, Bd. 9, S. 415. ***Schönfeld,** F., und **Dehnicke,** J., (1) W. f. Brauerei, 1909, Bd. 26, S. 605. ***Schönfeld,** F., und **Hardeck,** M., (1) W. f. Brauerei, 1910, Bd. 27, S. 13. ***Schrader,** G. A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1902, Bd. 8, S. 525. — (2) Die deutsche Essigindustrie, 1902, Bd. 6, S. 285. ***Schrohe,** Adam, (1) Die deutsche Essigindustrie, 1903, Bd. 7, S. 177. — (2) Ebenda, 1904, Bd. 8, S. 81. — (3) Ebenda, 1909, Bd. 13, S. 98. ***Schütz,** Gustav, (1) Dissert., Berlin 1904; Hyg. Rundsch., 1905, Bd. 15, S. 169. ***Schulte im Hofe,** A., (1) Die Kakao-Fermentation u. d. Verarbeitung d. Kakaos etc. Berlin 1908. ***Schultze,** W. H., (1) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1910, Bd. 56, Orig., S. 544. ***Schumann,** Wilhelm, (1) Beilage z. Jahresbericht d. Kgl. Realschule in Nordhausen f. 1906/07; Die deutsche Essigindustrie, 1908, Bd. 12, S. 90. ***Segin,** Adalbert, (1) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1903, Bd. 34, Orig., S. 202. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1904, Bd. 12, S. 397. ***Seifert,** Wenzel, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 337. — (2) Oesterr. Chemiker-Zeitung, 1898, Bd. 1, S. 381. — (3) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1900, Bd. 3, S. 204. — (4) Ebenda, 1901, Bd. 4, S. 215. — (5) Ebenda, S. 980. — (6) Ebenda, 1902, Bd. 5, S. 462. — (7) Ebenda, 1903, Bd. 6, S. 567. — (8) Ebenda, S. 738. — (9) Ebenda, 1904, Bd. 7, S. 667. — (10) Ebenda, 1906, Bd. 9, S. 1019. ***Sestini,** Fausto, (1) Bulletin Société chimique, Paris, 1869, 2. sér., Bd. 11, S. 119. ***Sewerin,** S. A., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1909, Bd. 22, S. 3. ***Seynes,** J. de, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1868, Bd. 67, S. 105. ***Sigmund,** Wilhelm, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1905, Bd. 14, S. 400. ***Slator,** Arthur, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1907, Bd. 40, S. 123. — (2) Ebenda, 1912, Bd. 45, S. 43. ***van Slyke,** L. L., (1) New York Experiment Station, 1904, Bulletin Nr. 258; Experiment Station Record, 1905, Bd. 11, S. 899. ***Smith,** Albert W., (1) Journal American Chemical Society, 1898, Bd. 20, S. 3. ***Sommaruga,** Erwin von, (1) Z. f. Hyg., 1893, Bd. 15, S. 291. ***Sorokin,** N., (1) Centralbl. f. Bakt., 1887, Bd. 1, S. 466; 1890, Bd. 7, S. 123. ***Stadler,** Hermann, (1) Arch. f. Hyg., 1911, Bd. 73, S. 195. ***Stahlschmidt,** C., (1) Die Gärungschemie usw., Berlin 1868. ***Staněk,** Wladimir, (1) Zeitschrift f. Zuckerindustrie in Böhmen, 1908/09, Bd. 33, S. 547. ***Steinmetz,** A. und O., (1) Die Beseitigung von Betriebsstörungen in Essigfabriken. Coblenz 1906. ***Steinmetz,** O., (1) Chem.-Ztg., 1892, Bd. 16, S. 1723. ***Stocký,** A., (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1900, Bd. 3, S. 235. ***Stöcklin,** E. de, (1) Contribution à l'étude de la peroxydase. Dissert., Genf 1907. ***Stokvis,** C. S., (1) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1909, Bd. 48, Orig., S. 436. ***Süss,** P., (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1902, Bd. 5, S. 1201. ***Suzuki,** U., **Aso,** K., und **Mitarai,** H., (1) Bulletin College of Agriculture. Tokyo, 1907, Bd. 7, S. 477. ***Takahashi,** T., (1) Bulletin College of Agriculture, Tokyo, 1905, Bd. 6, Nr. 4, S. 387. — (2) Ebenda, 1906, Bd. 7, Nr. 1, S. 101. — (3) Ebenda, 1907, Bd. 7, Nr. 4, S. 531. — (4) Journal College of Agriculture, Tokyo, 1909, Bd. 1, Nr. 1, S. 137. ***Takahashi,** T., und **Sato,** H., (1) Journal College of Agriculture, Tokyo, 1911, Bd. 1, Nr. 3, S. 227. — (2) Ebenda, S. 269. ***Takahashi,** T., und **Yamamoto,** T., (1) Journal College of Agriculture, Tokyo, 1911, Bd. 1, Nr. 3, S. 275. ***Thiel,** A., (1) Der Stand d. Indicatorenfrage. Stuttgart 1911. ***Thöni,** J., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1911, Bd. 29, S. 616. — (2) Mitteilungen a. d. Gebiete d. Lebensmitteluntersuchung u. d. Hygiene, 1911, Bd. 2, S. 80. ***Thomson,** Robert T., (1) Liebigs Ann., 1852, Bd. 83, S. 89. ***Tillmans,** J., (1) Zeitschrift f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel, 1911, Bd. 22, S. 201. ***Tolomei,** Giulio, (1) L'Orosi, 1890, Bd. 13, S. 401. — (2) Staz. sperim. agr. ital., 1891, Bd. 20, S. 380. — (3) Rendiconti Accad. dei Lincei, 1893, Bd. 2, S. 354. ***Touchy,** Ludwig, (1) Die Bereitung d. verschiedenen Arten der Essige usw., Leipzig 1829. ***Trenn,** A. L., (1) Lehrbuch d. Essigfabrikation. Berlin 1850. ***Trillat,** A., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1903, Bd. 136, S. 171. ***Trillat,** A., und **Sauton,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1908, Bd. 146, S. 996, und Bd. 147, S. 77. ***Trommer,** C., (1) Lehrbuch d. Spiritusfabrikation auf rationeller Grundlage. Berlin 1858. ***Tulasne,** Louis René und Charles, (1) Selecta Fungorum Carpologia, Bd. 3, S. 61. ***Ulrichs,** Ernst, (1) Die deutsche Essigindustrie, 1902, Bd. 6, S. 157 u. 382. — (2) Ebenda, S. 103. ***Utz,** F., (1) Oesterr. Chemiker-Zeitung, 1908, Bd. 11, S. 326. ***Verein** der Spiritus-Fabrikanten in Deutschland, (1) D.R.P. 179847 v. 12. 5. bezw. 24. 12. 1906. ***Vetter,** Louis von, und **Moufang,** Ed., (1) W. f. Brauerei, 1911, Bd. 28, S. 13 und 377. ***Vincent,** Camille, (1) Bulletin Société chimique, Paris, 1880, 2. sér., Bd. 34, S. 218. ***Vincent,** C., und **Delachanal,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1889, Bd. 108, S. 147, und Bd. 109, S. 676. — (2) Ebenda, 1897, Bd. 125, S. 716. ***Vincent,** C., und **Meunier,** J., (1) Comptes rend. de l'Ac., 1898, Bd. 127, S 760. ***Vinson,** A. E., (1) Timely Hints for Farmers, Nr. 60; ref. in Die deutsche Essigindustrie, 1907, Bd. 11 S. 216. ***Voisenet,** E., (1) Comp-

tes rend. de l'Ac., 1910, Bd. 150, S. 40. — (2) Ebenda, 1911, Bd. 153, S. 363 u. 898. ***Votoček,** Emil, (1) Zeitschrift f. Zuckerindustrie in Böhmen, 1899/1900, Bd. 24, S. 239 u. 248. — (2) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1910, Bd. 43, S. 469. ***Votoček,** E., und **Bulíř,** J., (1) Zeitschrift f. Zuckerindustrie in Böhmen, 1905/6, Bd. 30, S. 333. ***Vuillemin,** P., (1) Bulletin Société mycologique de France, 1911, Bd. 27, S. 137. ***Wagenmann,** C., (1) Poggendorffs Ann., 1832, Bd. 100, S. 594. — (2) J. f. prakt. Chem., 1842, Bd. 26, S. 113. ***Wagner,** C., (1) Journal f. techn. u. ökonom. Chemie, 1831, Bd. 12, S. 227. ***Weigmann,** Heinrich, (1) Molkereizeitg., Berlin, 1900, Bd. 10, S. 309. ***Weigmann,** H., **Gruber,** Th., und **Huss,** Harald, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 19, S. 70. ***Wermischeff,** (1) Ann. Pasteur, 1893, Bd. 7, S. 213. ***Wesenberg,** G., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1902, Bd. 8, S. 627. ***Westrumb,** Johann Friedrich, (1) Beschreibung einer sehr vorteilhaften Essig-Fabrik usw., Frankfurt a. M. 1818. ***White,** Benjamin, und **Avery,** Oswald T., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 25, S. 161. ***van der Wielen,** P., (1) Pharmaceutisch Weekblad, 1905, Bd. 42, S. 325. ***Wilke,** R., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1902, Bd. 6, S. 102. — (2) Ebenda, S. 181. ***Will,** Hermann, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 10, S. 689; 1907, Bd. 17, S. 1 u. 3; 1908, Bd. 21, S. 386; 1912, Bd. 34, S. 1. — (2) Ebenda, 1910, Bd. 28, S. 1; 1911, Bd. 29, S. 609. — (3) Anleitung zur Biolog. Untersuchung u. Begutachtung v. Bierwürze usw. München 1909. ***Will,** H., und **Beyersdorfer,** P., (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1912, Bd. 35, S. 73. ***Will, H.,** und **Weninger, F.,** (1) Z. f. d. ges. Brauwesen, 1910, Bd. 33, S. 4. ***Williams,** W. Collingwood, (1) Journal Society Chemical Industry, 1907, Bd. 26, S. 498. ***Windisch,** Karl, (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1893, Bd. 8, S. 140; 1895, Bd. 11, S. 285. ***Wirgin,** Germund, (1) Z. f. Hyg., 1902, Bd. 40, S. 307. — (2) Ebenda, 1904, Bd. 46, S. 149. ***Witte,** (1) Zeitschrift f. öffentl. Chemie, 1909, Bd. 15, S. 123. ***Wortmann,** Julius, (1) Die wissenschaftl. Grundlagen d. Weinbereitung u. Kellerwirtschaft. Berlin 1905. ***Wüstenfeld,** H., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1911, Bd. 15, S. 349. ***Wüstenfeld,** H., und **Foehr,** Th., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1912, Band 16, Seite 115. — (2) Ebenda, Seite 197. ***Wüstenfeld,** H., **Roßmann,** H., und **Foehr,** Th., (1) Die deutsche Essigindustrie, 1911, Band 15, S. 387. ***Wurm,** Emanuel, (1) Dinglers Journ., 1880, Bd. 235, S. 225. ***Yeda,** K., (1) Arbeiten a. d. Kaiserl. Versuchsanstalt f. Gärungsgewerbe in Tokyo, 1909, Nr. 25; ref. in Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1910, Bd. 26, S. 680. ***Zeidler,** Albert, (1) W. f. Brauerei, 1890, Bd. 7, S. 1213. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1896, Bd. 2, S. 729. — (3) Ebenda, 1897, Bd. 3, S. 399. — (4) Ebenda, 1898, Bd. 4, S. 669. ***Zeisel,** Simon, und **Fanto,** R., (1) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1902, Bd. 5, S. 729. ***Zellner,** Julius, (1) Monatsh. f. Chem., 1904, Bd. 25, S. 537; 1905, Bd. 26, S. 727; 1906, Bd. 27, S. 281; 1908, Bd. 29, S. 45 u. 1171; 1909, Bd. 30 S. 231 u. 655; 1910, Bd. 31, S. 617 u. 635; 1911, Bd. 32, S. 133, 1057 u. 1065. ***Zier,** (1) Journal f. techn. u. ökonom. Chemie, 1831, Bd. 11, S. 101. ***Zikes,** Heinrich, (1) Mitteilungen d. Oesterr. Versuchstation f. Brauerei, 1902, Heft 10, S. 48. — (2) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1906, Bd. 16, S. 97. ***Zopf,** Wilhelm, (1) Die Spaltpilze. Breslau 1884. — (2) Leopoldina, 1894, Heft 30, S. 145. — (3) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1900, Bd. 18, S. 32.

(Manuskript-Einlauf: 31. Juli 1913.)

20. Kapitel.

Der Abbau einiger organischer Säuren durch Spaltpilze.

Von

Dr. W. Omelianski.

§ 137. Organische Säuren als Kohlenstoff-Quelle für Mikroorganismen.

Wie bekannt, erleiden unter Einwirkung verschiedenartiger Mikroorganismen die komplizierten und meistens unlöslichen organischen Stoffe, welche als pflanzliche oder tierische Ueberreste in den Erdboden ge- 5

langen, eine Reihe von aufeinanderfolgenden Veränderungen und werden hierbei zu immer einfacheren Verbindungen abgebaut. Unter günstigen Bedingungen führt dieser Vorgang zur vollständigen Mineralisierung des Ausgangsmaterials, d. h. zu dessen Umwandlung in Wasser, Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure, Stickstoff, Wasserstoff u. dergl. m. Je näher dem Anfange dieses Prozeßes, um so größer ist in der sich zersetzenden Substanz der Energievorrat, und um so größer ist auch deren Nährwert. Dementsprechend ist auch die Menge der Mikroorganismen, welche dieselbe angreifen können, zahlreicher und mannigfaltiger. Je weiter der Prozeß fortgeschritten, je tiefer der Zerfall des Moleküles der organischen Substanz eingetreten ist, um so geringer ist ihr Nährwert und um so enger ist der Kreis der Mikroben, die auf deren Kosten heranwachsen können. In dieser Kette aufeinanderfolgender Umwandlungen nimmt der Zerfall organischer Säuren, wenigstens derjenigen, welche ein weniger kompliziertes Molekül und einen sehr geringen Kalorienwert besitzen, mit eine der letzten Stellen ein. Hierher gehören die Ameisensäure, die Essigsäure, die Buttersäure, die Oxalsäure und ähnliche Säuren, welche gewöhnlich bei verschiedenen Gärungsvorgängen durch die Zersetzung der Proteine, Kohlenhydrate, höheren Alkohole usw. entstehen. Ihr Abbau stellt eben gerade die vorletzte Stufe des Vorganges dar, welcher schließlich zur vollständigen Mineralisierung der organischen Stoffe führt.

Der Nährwert organischer Säuren hat bereits seit langem Berücksichtigung gefunden. So findet man z. B. in Dujardin's Abhandlung „Histoire naturelle des Zoophytes" im Jahre 1841 verzeichnet, daß die Entwicklung mikroskopischer Wesen in Infusen durch Zusatz verschiedener Salze, z. B. oxalsauren Ammoniaks, gefördert wird, wobei dieses Salz allmählich durch die Mikroben zersetzt wird und aus dem Infus verschwindet.

Daß im Erdboden auch Agentien für die Zerstörung dieser als Nährstoffe verhältnismäßig minderwertigen Substanzen vorhanden sein müssen, ist schon darum unzweifelhaft, weil viele von ihnen, obwohl sie als gewöhnliche Zersetzungsprodukte bei mannigfachen Gärungen auftreten, dennoch im Erdboden sich niemals in einigermaßen größerer Menge anhäufen.

Wenn es bei Prozessen, die mit der Bildung organischer Säuren verknüpft sind, an den nötigen Mengen von Basen fehlt, um diese Säuren zu binden, so wird die Unterlage häufig sauer, und es werden Bedingungen geschaffen, welche das Aufkommen von Schimmelpilzen begünstigen, insbesondere dann, wenn die Luft ungehinderten Zutritt hat. Unter dem Einflusse dieser kräftig oxydierenden Agentien verbrennen auch die einfachsten organischen Säuren bis zu Kohlensäure und Wasser. Aber derartige Bedingungen, d. h. ungehinderter Luftzutritt bei schwach saurer Reaktion, sind bei weitem nicht immer vorhanden. Ist die Reaktion neutral oder schwach alkalisch, so entwickeln sich bei Luftzutritt aerobe Bakterien, unter denen es auch nicht wenige Vertreter mit stark ausgeprägt oxydierender Wirkung gibt. Oft geht die Zersetzung organischer Substanzen, wenn auch nicht bei vollkommener Abwesenheit von Sauerstoff, so doch jedenfalls unter sehr beschränktem Luftzutritt, sowie in neutralem oder schwach alkalischem Nährboden von statten. Wir sind berechtigt, gerade derartige Bedingungen bei den Zersetzungen im Inneren eines Düngerhaufens, in schlammigem oder festem Erdboden u. dergl. als gegeben zu erachten. In diesem Fall treten unter Einwirkung anae-

rober Bakterien gewöhnlich Gärungen auf, welche eine reichliche Zersetzung organischer Säuren zur Folge haben. Es können also die Bedingungen, unter denen organische Säuren in der Natur in den Kreislauf des Stoffwechsels hineingerissen werden, sehr verschieden sein, und dementsprechend sind auch die Mikroorganismen, welche den Zerfall 5 organischer Säuren bewirken, sehr mannigfaltig, und zwar gehören sowohl Schimmelpilze als auch Hefen- und Spaltpilze hierher.

Besonders mannigfaltig ist die Mikroorganismen-Flora, welche sich auf organischen Säuren mit kompliziertem Molekül ansiedelt, das aus zahlreichen Untergruppen von Säuren, Alkoholen, Aminen u. dergl. m. 10 besteht, einen großen Energievorrat aufweist und infolgedessen für Mikroorganismen eine sehr ergiebige Quelle des Kohlenstoffs (nicht selten auch des Stickstoffs) ist. Hierher gehören die Bernsteinsäure, die Weinsäure, die Citronensäure, die Asparaginsäure u. a. m., wie auch deren Salze. Ein tiefgreifender Abbau bis zu den letzten Zerfalls-Produkten 15 übersteigt jedoch gewöhnlich die Leistungsfähigkeit eines einzelnen Mikroorganismus. Diese Arbeit verteilen gewöhnlich mehrere Mikroorganismen-Arten unter sich, wobei die komplizierte Säure nach und nach in einfachere Verbindungen übergeht. So zerfällt z. B. die Aepfelsäure unter Bildung von Milchsäure, diese wiederum unter Bildung von 20 Buttersäure und schließlich zersetzt sich die Buttersäure, wobei Kohlensäure und Wasser oder aber Kohlensäure und Methan entstehen. Ueberhaupt können wir von der ganzen Gruppe der Säuren sagen, daß deren Zersetzung durch Mikroorganismen eine in der Natur sehr verbreitete Erscheinung darstellt, welche im allgemeinen Stoff- und Kraft-Wechsel 25 eine wesentliche Rolle spielt.

Ueber die Zersetzung organischer Säuren durch Hefenpilze finden sich eingehende Angaben an anderen Stellen dieses Handbuches, so zuletzt im 17. Kapitel des vorliegenden Bandes, welches also nachzuschlagen ist. 30

Auch Algen können, wie die an einer großen Anzahl (ca. 40) von Arten angestellten Untersuchungen von Treboux (1) erwiesen haben, ihren Kohlenstoff aus organischen Säuren schöpfen. Zu diesen Versuchen diente eine Lösung mineralischer Stoffe mit Zusatz von 0,05—0,4 Proz. Kalisalzen der Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, 35 Aepfelsäure, Weinsäure und Citronensäure. Die Hälfte der untersuchten Arten entwickelte sich auf diesen Säuren, wobei die besten Ergebnisse mit dem Kaliumacetat in der Konzentration von 0,28 Proz. erzielt werden konnten. Wir wollen auch daran erinnern, daß zufolge Munk (1) im Körper höherer Tiere und Pflanzen organische Säuren zersetzt werden 40 und gleich dem Fett den Eiweiß-Verbrauch zu schützen vermögen, wobei diese eiweißsparende Kraft der Fettsäuren bis zu den niedrigsten Gliedern dieser Gruppe allmählich abnimmt, worüber man Näheres bei Scheremetjewski (1), Schotten (1), Weiske und Flechsig (1) und L. Meyer (1) findet. 45

Der Grad der Zersetzbarkeit der organischen Säuren durch Mikroben steht zweifellos in unmittelbarem Zusammenhange mit ihrem Nährwerte. Der durch Beobachtung und chemische Analyse qualitativ und quantitativ feststellbare Abbau der Säuren ist als eine der Aeußerungen des verwickelten Ernährungs-Vorganges der Mikroorganismen, ihres Bau- 50 und Betriebs-Stoffwechsels zu betrachten. Die Zersetzbarkeit verschiedener Säuren muß also im Zusammenhange mit deren relativem Nährwerte behandelt werden. Da jedoch diese letztere Frage schon im 14. Kapitel

des Ersten Bandes eine allgemeine Betrachtung gefunden hat, so wollen wir uns nun im nächsten Paragraphen auf einige das Thema vorliegenden Kapitels betreffende besondere Bemerkungen beschränken.

§ 138. Der Nährwert organischer Säuren.

5 Versuche, den relativen Nährwert verschiedener Säuren zu bestimmen, sind bisher schon oft und in ziemlich beträchtlicher Menge vorgenommen worden. Sie besitzen jedoch, wie alle derartigen Versuche, nur bedingten Wert, und zwar aus folgenden Gründen. Erstens kann man kein genaues objektives Maß zum Vergleich des Säure-Nährwertes feststellen, da letz-10 terer, wie schon im 14. Kapitel des Ersten Bandes dargelegt worden ist, in Abhängigkeit von der Versuchsanordnung steht, sich mit der gewählten Konzentration, Temperatur u. dergl. m. ändert. Ein und dieselbe Säure kann bei einer bestimmten Konzentration wohl Nährfähigkeit besitzen, bei einer anderen Konzentration aber giftig sein. So 15 kann zufolge Bokorny (1) z. B. ein Salz der Normal-Valeriansäure bei einem Gehalt von 0,05 Proz. die Ernährung von Mikroben fördern, während es bei einer Konzentration von 0,2 Proz. bereits entwicklungshemmend wirkt, bei noch höherer Konzentration aber zum Stillstehen der Lebenstätigkeit führt. Sogar ein so stark antiseptisch wirkendes Mittel 20 wie die Salicylsäure kann zufolge Lott (1) bei einem Gehalt von ca. 0,05 g auf ein Liter das Gedeihen von Schimmelpilzen fördern und durch diese zersetzt werden. Weiter müssen wir mit dem spezifischen Wahlvermögen der Bakterien rechnen, dank welchem die einzelnen Arten von Organismen unter den Säuren ihre Wahl treffen, und zwar unabhängig von dem 25 allgemeinen Nährwerte derselben und nicht selten sogar im Gegensatz zu diesem. Mit Beispielen eines derartigen Wahlvermögens der einzelnen Arten gegenüber bestimmten Säuren werden wir es in vorliegendem Kapitel noch oft zu tun haben. Schließlich muß in Betracht gezogen werden, daß eine jede gegebene Säure sich in verschiedenem Grade als 30 Kohlenstoff-Quelle bewähren kann, je nachdem ob sie die Vermehrung der Mikroorganismen fördern oder aber zur Unterhaltung der Lebenstätigkeit schon vollkommen entwickelter Zellen dienen soll. Alle diese Verhältnisse machen die Feststellung einer unbedingt giltigen Stufenleiter der Nahrhaftigkeit verschiedener Säuren in Abhängigkeit von ihrer 35 chemischen Natur unmöglich. Die Wertlosigkeit derartiger Versuche wird am besten durch solche Beispiele dargetan, in welchen es sich einerseits um den ungefähr gleichen Nährwert ganz verschieden gebauter Säuren, z. B. der Fettsäure-Reihe und der aromatischen Reihe, andererseits aber um wesentliche Unterschiede des Nährwertes bei Stereoisomeren 40 ein und derselben Säure handelt, die sich nur durch die räumliche Lagerung der Atome voneinander unterscheiden, wie z. B. bei der Weinsäure.

Behalten wir die erwähnten Einschränkungen im Auge und verzichten wir auf die Absicht, Gesetze feststellen zu wollen, welche für 45 sämtliche Säuren und sämtliche Bakterien Giltigkeit haben sollen, so müssen wir nichtsdestoweniger zugeben, daß die organischen Säuren, welche Verbindungen von verhältnismäßig einfacher Zusammensetzung und durchaus bestimmtem Bau darstellen, das passendste Material dafür bilden, um gewisse Schlüsse in betreff der chemischen Arbeit der 50 Mikroben, ihrer besonderen Einwirkung auf verschiedene chemische

Gruppen, der Bedeutung verschiedener Atom-Verbindungen usw. zu ziehen, Schlüsse, die freilich nur bedingte Giltigkeit haben.

Wir wollen die schon recht veralteten und bereits im 14. Kapitel des Ersten Bandes erwähnten Arbeiten von Stutzer (1) und Nägeli (2) nicht weiter berühren und sofort die zu unserem Thema in näherer Beziehung stehenden Untersuchungen Maassen's (1) besprechen. In dieser im Jahre 1896 im Drucke erschienenen umfangreichen Arbeit hat deren Verfasser das Verhalten einer großen Reihe von Mikroben (52) zu Salzen verschiedener organischer Säuren (21) mit ganz verschiedenartigem Aufbau des Moleküls geprüft. Die Versuche wurden unter aeroben Bedingungen und in einem Nährboden angestellt, welcher auf ein Liter destillierten Wassers die erforderlichen Mineralsalze, 10 g Pepton und Salze organischer Säuren in einer Menge enthielt, welche dem Zehntel ihres Molekulargewichtes gleichkam. Auf Grund der Untersuchungs-Ergebnisse wurde die Größe des Nährwertes der einzelnen Säuren an der Anzahl von Mikroben-Arten gemessen, welche diese Säuren als Kohlenstoff-Quelle zu benutzen imstande sind. Maassen kam so zu dem Schlusse, daß als besonders günstig für die Assimilation die Atom-Gruppe

$$\mathrm{H{-}\overset{|}{\underset{|}{C}}{-}OH}$$

anzusehen ist, welche in der Milchsäure, Glycerinsäure, Aepfelsäure, Weinsäure und Schleimsäure vorkommt. Begünstigt wird die Assimilation auch durch die Gruppe $\mathrm{-CH_2-\underset{|}{C}(OH)-}$, wie sie die Citronensäure enthält, oder $\mathrm{-CH_2-CH_2-}$, wie sie in der Bernsteinsäure gegeben ist, oder $\mathrm{-CH{=}CH-}$, wie sie in der Fumarsäure sich findet. Indem Maassen die Säuren nach der Anzahl von Bakterien-Arten anordnete, welche imstande waren, in den Lösungen zu wachsen und die Säuren zu zersetzen, konnte er folgende Reihenfolge aufstellen:

1. Aepfelsäure
2. Citronensäure
3. Fumarsäure
4. Glycerinsäure
5. Bernsteinsäure
6. Ameisensäure
7. Milchsäure
8. Schleimsäure
9. Weinsäure
10. Essigsäure
11. Propionsäure
12. Oxyessigsäure
13. Chinasäure
14. Maleinsäure
15. Malonsäure
16. Aconitsäure
17. Tricarballylsäure
18. β-Oxybuttersäure
19. Mandelsäure
20. α-Oxyisobuttersäure
21. Oxalsäure

Außer der Ameisensäure erkennt Maassen die acht ersten Säuren dieser Reihe als gute Nährstoffe an. Daß allen diesen Versuchen, eine absolute Skala des Nährwertes verschiedener organischer Säuren auf Grund ihrer Zusammensetzung aufzustellen, nur bedingte Giltigkeit zukommt, ersieht man aus folgenden zwei Beispielen. Nach Maassen (1) und nach Loew (1) ist die Oxalsäure für Bakterien-Entwicklung beinahe ganz untauglich, den Angaben Salzmann's zufolge stellt sie aber für *Actinomyces odorifer* (s. Bd. III, S. 212) eine bessere Kohlenstoffquelle dar als z. B. die Milchsäure, deren Nährwert in bezug auf andere Mikroben bedeutend höher ist. Auch für die Sporenbildung bei *Merulius lacrymans* ist eine 0,5-proz. Lösung von Oxalsäure ein günstigerer Nährboden als gleichstarke Lösungen einbasischer Säuren.

Als Maassen andererseits die verschiedenen Bakterien-Arten nach der Anzahl von Säuren, welche sie zu verarbeiten imstande sind, zusammenstellte, konnte er als kräftigste Säure-Zersetzer den *Bacillus cyanogenus*, den *Bac. fluorescens*, den *Bac. fluorescens putidus*, den *Bac.*

pyocyaneus und andere erkennen, während der *Bac. anthracis*, der *Bac. ramosus*, der *Bac. tuberculosis*, der *Proteus Zenkeri* und andere diese Fähigkeit fast gar nicht besitzen. Die bemerkenswerten Ergebnisse Maassen's können aus Gründen, welche bereits oben erwähnt sind, nicht auf allgemeine Giltigkeit Anspruch machen und treffen nur für bestimmte, von ihm gewählte Versuchsbedingungen zu.

Eine ebenso beschränkte Bedeutung kommt auch den Gesetzmäßigkeiten zu, welche Loew (2) für die Abhängigkeit des Nährwertes verschiedener Säuren von deren Bau feststellen konnte, und zwar zum Teil auf Grund von Beobachtungen Nägeli's, hauptsächlich aber auf Grund eigener Versuche, die mit Mischzuchten von Fäulnisbakterien, sowie mit einer Reinzucht von *Bac. fluorescens liquefaciens* vorgenommen worden waren:

1. Die Ernährungsfähigkeit der Säuren der aliphatischen Klasse nimmt mit deren Steigen in den homologen Reihen ab. Die Valeriansäure ist ein schlechterer Nährstoff als die Essigsäure.

2. Die Einführung einer Hydroxyl-, Keton- oder Aldehyd-Gruppe begünstigt den Nähreffekt. Die Milchsäure wirkt besser als die Propionsäure, die Schleimsäure besser als die Adipinsäure (die Essigsäure aber besser als die Glycolsäure), die Lävulinsäure besser als die Valeriansäure.

3. Die Anhäufung von Methyl-Gruppen wirkt in vielen Fällen ungünstig. Die Isobuttersäure wirkt weniger günstig als die normale Buttersäure; vergl. Bokorny (1).

4. Verbindungen von ringförmiger Struktur, besonders ungesättigte und nicht hydroxylierte, sind ungünstig. Die Benzoesäure, die Amidobenzoesäure, die Salicylsäure ernähren sehr schlecht.

Loew hat auch noch den Versuch gemacht, verschiedene organische Verbindungen (unter ihnen auch die Säuren) nach ihrer Nahrhaftigkeit in absteigender Reihenfolge anzuordnen, wobei das Ergebnis ungefähr dasselbe war wie bei Maassen; eine Ausnahme machen die Ameisensäure und die Fumarsäure, denen Loew einen geringeren Nährwert beimißt.

Das Studium des Abbaues organischer Säuren unter Einwirkung niederer Organismen bietet auch in praktischer Hinsicht ein bedeutendes Interesse, weil es über verschiedene technische Fragen auf dem Gebiete der Weinbereitung, der Essigfabrikation usw. Aufschluß gibt. Wir erinnern an den schon auf S. 472 u. f. besprochenen Säureabbau der Trauben-, Obst- und Beerenweine während ihrer Lagerung. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, welche große Bedeutung für den Weinbauer eine gründliche Kenntnis der Zersetzungs-Bedingungen der in Weinen enthaltenen Säuren hat, um Weine richtig lagern zu lassen und die in ihnen entstehenden Gärungs-Vorgänge leiten zu können. Weiter sei auf die Gefahr hingewiesen, welche in der Essigfabrikation durch *Mycoderma vini* droht, über die schon auf S. 602 eingehende Angaben zu finden waren. Schließlich wollen wir noch darauf hinweisen, daß man das ungleiche Verhalten zu organischen Säuren in letzter Zeit zur differentiellen Diagnostik vieler pathogener Bakterien und ihnen nahestehender saprophyter Formen benutzt hat, worüber man Bahr (1) und Omelianski (2 u. 3) vergleiche.

Alles oben Gesagte begründet, wie mir scheint, in genügendem Maße das hervorragende wissenschaftliche und praktische Interesse an der Erforschung des Abbaues organischer Säuren unter Einwirkung

niederer Organismen. Dennoch ist auf diesem Gebiete bisher sehr wenig geleistet worden und zudem stammt dieses geringe Tatsachen-Material größtenteils aus einer Zeit her, in welcher man noch nicht mit Reinzuchten arbeitete, die Apparate und Nährböden nicht sterilisiert und die Gärungen nach Beimpfung mit faulenden Infusen oder 5 Exkrementen studiert wurden. Bei derartiger Versuchsanstellung war freilich nicht auf Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu rechnen, so daß diese bei verschiedenen Forschern nicht selten einander widersprachen. Besonders unbestimmt ist die Frage nach der Art der Mikroben, welche den Abbau organischer Säuren besorgen: viele Forscher haben diese 10 Frage gar nicht berührt, in anderen Fällen sind die Angaben so ungenau und zweifelhaft, daß wir sie heute durchaus nicht benutzen können, so z. B. die Arbeiten von Fitz und anderen. Deshalb werden wir im folgenden notgedrungen fast ausschließlich den chemischen Teil der Erscheinungen betrachten müssen. 15

Indem wir uns auf diese Vorbemerkungen beschränken, wollen wir nun zur Beschreibung der Zersetzung der einzelnen Säuren übergehen, wobei gar nicht berührt oder bloß kurz erwähnt all diejenigen Säurezersetzungen sein sollen, von welchen bereits an anderen Stellen dieses Handbuches die Rede war: im 14. Kapitel des Ersten Bandes der Nähr- 20 wert der organischen Säuren, im 15. Kapitel desselben Bandes die Spaltung der optisch-aktiven Säuren, im 3. Kapitel des Dritten Bandes die Vergärung der Harnsäure und der Hippursäure.

§ 139. Die Verarbeitung der Ameisensäure.

Die Ameisensäure, als die einfachste der organischen Säuren, gehört 25 zu denjenigen Verbindungen, denen man in der Natur sehr oft begegnet. In freiem Zustande ist sie (in ziemlich konzentrierter Lösung) im Körper der roten Ameisen (*Formica rufa*), in Muskeln und verschiedenen Organen des Menschen und der Tiere, im Safte verschiedener Früchte und der Brennesseln enthalten und überhaupt im Pflanzenreiche weit verbreitet, 30 worüber man Näheres bei Bergmann (1) findet. Zugleich ist die Ameisensäure ein ziemlich gewöhnliches Produkt verschiedener Gärungen; ihre weitere Zersetzung bildet gleichsam die letzte Stufe der abbauenden Tätigkeit der Mikroben. Weil die freie Ameisensäure zufolge Duclaux (3) eine beträchtliche antiseptische Kraft besitzt, kann ihre Entstehung bei 35 verschiedenen Gärungen diese letzteren empfindlich hemmen und sogar zu vollkommenem Stillstande bringen, zu dessen Verhütung also ein Zusatz von neutralisierenden Substanzen ($CaCO_3$) zu den Zuchten erforderlich wird.

Die ersten Angaben über Zersetzung ameisensaurer Salze durch 40 Bakterien verdanken wir Hoppe-Seyler (1), welcher die Umwandlung des ameisensauren Kalkes in kohlensauren Kalk bei Beimpfung mit Schlamm nach der Gleichung: $Ca(CHO_2)_2 + 2H_2O = Ca(CHO_3)_2 + 2H_2$ beobachtete.

Einen ähnlichen Abbau des ameisensauren Natrons haben Pakes 45 und Jollyman (1) wie auch Loew (2) beobachtet. Letzterer Forscher schied hierbei einen besonderen Bazillus ab, den er *Bac. methylicus* benannte, und zwar darum, weil er die Fähigkeit zeigte, in Lösungen von Methylalkohol und dessen Abkömmlingen (Ameisensäure u. a.) zu wachsen; er gehört nach Katayama (1) wahrscheinlich zu den überall verbreiteten 50

Bodenmikroben. Der *Bac. methylicus* tritt in kurzen Stäbchen von 1 μ Breite und 2—2,5 μ Länge auf und entwickelt sich unter aeroben Bedingungen gut bei 16—18° C auf einer Lösung von 0,5 Proz. ameisensaurem Natron. MAASSEN (1) schließt in seiner auf S. 637 bereits gewürdig-
5 ten Arbeit die Ameisensäure, obwohl sie in seiner Tabelle des Nährwertes die sechste Stelle einnimmt, dennoch aus der Zahl der acht nahrhaftesten Säuren aus und tut dies, meiner Meinung nach, ebenso ohne genügenden Grund wie LOEW (2), der die Ameisensäure gleichfalls unter die sehr mangelhaften Kohlenstoff-Quellen einreiht.

10 Im Jahre 1903 hat OMELIANSKI (1) aus Pferdemist das *Bacterium formicicum* abgeschieden, einen mit Eigenbewegung begabten Spaltpilz von 0,7—0,8 μ Breite und 2—3 μ Länge, welcher zur Gruppe des *Bact. coli commune* gehört und ameisensaure Salze sehr lebhaft zersetzt. Um den Abbau hervorzurufen, genügt es nach OMELIANSKI, eine Lösung von
15 2 Proz. ameisensaurem Kalk und 0,1—0,2 Proz. Pepton in Leitungswasser in ein Kölbchen zu einem Drittel zu füllen und mit altem Mist zu beimpfen. Bei 35° C tritt dann gewöhnlich nach 1—2 Wochen Gärung ein, begleitet von Gas-Ausscheidung (Wasserstoff und Kohlensäure) und Bildung der charakteristischen Kreide-Ablagerung am Boden und an den
20 Wandungen des Gefäßes, sowie auch eines Kreidehäutchens an der Oberfläche der gärenden Flüssigkeit. Der Kreidebelag besteht aus schön geformten mikroskopischen Sphärolithen, welche zweierlei Schichtung zeigen, eine radiäre und eine konzentrische. Das *Bact. formicicum* gehört zu den fakultativen Anaeroben und wächst bei 35° C besonders
25 bei Luftzutritt vortrefflich auf den gewöhnlichen Bouillon-Nährböden. Sehr charakteristisch für diese Art ist deren aerobes Wachstum auf Nährböden, die ameisensaure Salze enthalten. OMELIANSKI gebrauchte einen Nähr-Agar folgender Zusammensetzung: Calciumformiat 2 g, Pepton 0,5 g, Agar 1,5 g, Leitungswasser 100 ccm. Am 2.—3. Tage nach der
30 Beimpfung auf die schräge Oberfläche dieses Agars erscheinen kleine braune Kolonien, welche an Größe allmählich zunehmen und sich zugleich mit Kreide-Kristallen durchsetzen. Diese Verkalkung der Kolonien erreicht in alten Zuchten einen so hohen Grad, daß die ganze Kolonie sich in ein festes Kreideplättchen verwandelt, welches wie ein Schüppchen
35 aussieht und mit der Nadel von der Agar-Oberfläche als solches abgehoben werden kann. Nimmt man anstatt der Kalksalze ein Alkalisalz der Ameisensäure, so wird bei Zersetzung dieses letzteren der Nährboden mit löslichen Karbonaten angereichert und nimmt eine ansteigende alkalische Reaktion an, was man durch einen Zusatz von Phenolphtalein
40 deutlich sehen kann (Rötung des Nährbodens). Der Abbau ameisensaurer Salze in peptonhaltigen Nährböden findet nur unter aeroben Bedingungen statt. Wenigstens für den Beginn der Gärung ist die Anwesenheit von Luft erforderlich; ohne diese setzt sie nicht ein, und das Salz bleibt unberührt. Hat die Gärung jedoch begonnen, dann kann sie weiterhin
45 monatelang unter Ausschluß des Luft-Sauerstoffes fortdauern, wie ein von OMELIANSKI angestellter Versuch erwiesen hat, bei welchem die Zersetzung des ameisensauren Kalks in geschlossenem Raume bei beständiger Prüfung der Zusammensetzung der ausgeschiedenen Gase vorgenommen wurde. Der Sauerstoff war schon am vierten Gärungstage aus dem Gas-
50 gemische verschwunden, und zwar augenscheinlich nicht nur, weil er von den ausgeschiedenen Gasen mechanisch verdrängt worden war, sondern auch infolge gieriger Aufnahme durch die Mikroben in der Zeit ihrer lebhaftesten Entwicklung und Vermehrung. Den Luftstickstoff

verlor das Gasgemisch erst nach einem Monat. Die später ausgeschiedenen Gase bestanden nur aus Wasserstoff und Kohlensäure in dem Verhältnis von zwei Raumteilen des ersteren zu einem Raumteil des letzteren, wobei dieser Bestand des Gemisches sich bis zum Ende der Gärung (im Laufe von 7 Monaten) erhielt. Die Zersetzung fand also nach folgender Gleichung statt: $Ca(CHO_2)_2 + H_2O = CaCO_3 + 2H_2 + CO_2$.

Das eben erwähnte sonderbare Verhalten des *Bact. formicicum* zum Sauerstoff kann, wie mir scheint, die Beobachtung P. FRANKLAND's (1) erklären, welcher entweder gar keine Ameisensäure oder nur Spuren von dieser in denjenigen Fällen fand, in denen eine von Ameisensäure-Bildung begleitete Gärung in Kolben stattfand, welche nur mit Wattepfropfen verschlossen waren. Dank dem freien Luftzutritte vergor die Ameisensäure unter diesen Bedingungen. Wurde jedoch die Gärung in hermetisch verschlossenen Gefäßen unter Luftabschluß vorgenommen, so war die Menge der Ameisensäure stets eine bedeutende, augenscheinlich darum, weil die entstandene Säure nicht weiter zersetzt wurde.

Man kann jedoch einen Abbau der Ameisensäure auch unter vollkommen anaeroben Bedingungen einleiten, wenn man nur die Beschaffenheit des Nährbodens verändert und z. B. gewöhnliche Bouillon mit einem Zusatz von 1 Proz. Natriumformiat nimmt. Das *Bact. formicicum* ist zweifellos als Erreger des Abbaues der Ameisensäure anzusehen. Weder Essigsäure, noch auch Propionsäure, Buttersäure oder Oxalsäure werden von ihm vergoren. Im Gegensatz zum *Bac. methylicus* wirkt es auch auf Methylalkohol nicht ein.

Einige Bakterien-Arten zersetzen zufolge SÖHNGEN (1) ameisensaure Salze unter Bildung von Methan und Kohlensäure nach der Gleichung:

$$2\,Ca(CHO_2)_2 = 2\,CaCO_3 + CO_2 + CH_4.$$

Die Gärung findet unter Ausscheidung von 136 Kal. statt, während bei Wasserstoffgärung nur 38 Kal. ausgeschieden werden. Als Erreger dieser Gärung wirken nach SÖHNGEN zwei Mikroben-Arten, von denen die eine ein unbewegliches sporenloses Stäbchen, die andere aber eine große Sarcine ist. Diese Bakterien rufen Methangärung auch bei essigsauren und buttersauren Salzen hervor.

§ 140. Die Zersetzung der Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure.

Das zweite Glied der Fettsäure-Reihe, die Essigsäure (CH_3-COOH), stellt eines der gewöhnlichsten Produkte des Abbaues organischer Substanzen dar und entsteht außerdem sehr oft bei der Oxydation des Aethylalkohols. Es ist bekannt, daß bei unbehindertem Luftzutritt viele Mikroorganismen die Essigsäure zu Kohlensäure und Wasser verbrennen, wovon bereits an mehreren Stellen dieses Handbuches die Rede war. Erinnert sei auch an die auf S. 570 besprochene Oxydation durch Essigsäure-Bakterien. Das Plasma einiger Bakterien-Arten ist an die Ernährung mit Essigsäure besonders angepaßt und für sie bildet letztere eine günstigere Kohlenstoff-Quelle als irgendeine andere Säure mit höherem Nahrhaftigkeits-Koeffizienten. So kann nach BEIJERINCK (2) sich der *Bac. perlibratus* auf Kosten der Essigsäure, nicht aber auch der Weinsäure ernähren, obgleich der Nährwert dieser letzteren ein viel höherer ist. Nach MAASSEN gehört zu jenen Mikroorganismen, welche Essigsäure besonders kräftig oxydieren, auch das *Oidium lactis*. Wir erinnern noch daran, daß zufolge TREBOUX (1) auch für einige Algen essigsaure Salze eine zuträglichere Kohlenstoff-

Quelle bilden als z. B. die Salze der Milchsäure und noch anderer nahrhafteren Säuren.

Die anaerobe Zersetzung der Essigsäure ist zum ersten Male durch Hoppe-Seyler (1) beschrieben worden. Sie stellte sich in einem fast ganz 5 mit einer 2-proz. wässerigen Lösung von essigsaurem Kalk befüllten und ausgiebig mit Schlamm versetzten Kolben ein. Die bei der Gärung ausgeschiedenen Gase bestanden aus Kohlensäure und Methan, wobei der Gehalt an letzterem bis auf 60—70 Proz. anstieg. Eine ähnliche Gärung hat Mazé (1) in einer Abkochung von toten Blättern beobachtet; er äußert sich dahin, 10 daß das Methan in diesem Falle durch Zersetzung der Produkte der Buttersäure-Gärung, also der Buttersäure und der Essigsäure, entstanden sei. Nach Beobachtungen von Mazé wird diese Gärung durch eine besondere „Pseudosarcine“ in Gemeinschaft mit zwei anderen, sporenbildenden Spaltpilz-Arten hervorgerufen. Ganz unabhängig von Mazé 15 hat Omelianski (4) beim Studium des anaeroben Abbaues der Essigsäure dieselbe Pseudosarcine angetroffen, welche sehr gern große Zooglöen bildet. In seinen im Jahre 1902 begonnenen Versuchen benutzte er zu Anfang eine Lösung von 2 Proz. essigsaurem Kalk und 0,2 Proz. Pepton in Leitungswasser, später aber eine solche von Mineralsalzen und ein Proz. 20 essigsaurem Kali in destilliertem Wasser. Zur Beimpfung der Stammzuchten diente alter Kuhmist, welcher den unteren Schichten eines alten Misthaufens entnommen worden war. Die Gärung behielt ihren einheitlichen Typus im Verlaufe unbestimmt langer Zeit in einer ausgedehnten Reihe von Ueberimpfungen bei. Durch diese Versuche wird 25 unter anderem die Annahme von Loew (2) widerlegt, zu welcher dieser Forscher auf Grund theoretischer Betrachtungen gelangt war, dahin gehend, daß die anaerobe Zersetzung der Essigsäure ohne Beigabe irgend welcher anderen organischen Stoffe unmöglich sei, weil hierbei die Gruppe des Formaldehyds nicht abgespalten werden könne. Die Inku- 30 bations-Periode der Gärung, d. h. die Zeitspanne von dem Beimpfen der Zucht bis zum Beginn der Gärung, ist bei der Essigsäure-Zersetzung gewöhnlich recht bedeutend; sie dauert ungefähr einen halben Monat. Die Gärung wird von einer Ausscheidung von Kohlensäure und Methan begleitet, wobei letzteres Gas überwiegt, insbesondere in Zuchten ohne 35 Pepton-Gehalt. Die Zersetzung findet nach folgender Gleichung statt:

$$2\,KC_2H_3O_2 + H_2O = K_2CO_3 + CO_2 + 2\,CH_4.$$

Wie bereits erwähnt, war die bei dieser Gärung überwiegende Spaltpilz-Art dieselbe Pseudosarcine, welche Mazé beobachtet hat. Ob sie allein wirkt oder aber, wie Mazé annimmt, mit anderen Arten zusammen, ist 40 zunächst schwer zu entscheiden; jedoch in Anbetracht der Beschaffenheit der Zuchten, von denen viele fast ausschließlich Pseudosarcinen enthielten, neigt Omelianski eher zur ersteren Annahme.

Man könnte erwarten, daß der relative Nährwert der Säuren in der Reihe der Fettsäuren in Abhängigkeit von der Größe ihres Moleküls und 45 dem Anwachsen der in ihnen enthaltenen potentiellen Energie fortschreitend zunehmen müsse, und daß also die auf die Essigsäure folgenden, nämlich die Propionsäure, die Buttersäure und die Valeriansäure, nahrhafter seien als jene erstere. In Wirklichkeit beobachteten wir jedoch gerade das umgekehrte Verhalten: alle drei Säuren erweisen sich 50 in ihrem Nährwert geringer als die Essigsäure; dies gilt insbesondere auch von der Propionsäure. Der Grund hiervon liegt nach Ad. Meyer (1) darin, daß hier das Bewegungselement im Verhältnis zum Molekül zu klein ist. Wir werden später sehen, daß unter den Alkoholsäuren die

Oxypropionsäure (Milchsäure) im Gegenteil nahrhafter ist als die Oxyessigsäure (Glycolsäure).

Die Zersetzung der Propionsäure, Buttersäure und Valeriansäure durch Bakterien bietet deshalb ein nicht geringes Interesse, weil sämtliche drei Säuren, namentlich aber die Buttersäure, sehr oft in der 5 Natur vorkommen, bei verschiedenen Gärungen entstehen. Bei der Buttersäure stoßen wir zum ersten Male auf die Frage nach dem Einflusse der Isomerie der Säuren auf deren Zersetzbarkeit durch Bakterien, eine Frage, die noch sehr wenig bearbeitet ist. Wir erinnern hier an die schon erwähnte (s. S. 638) Regel von LOEW, nach welcher die An- 10 häufung von Methylgruppen in vielen Fällen ungünstig wirkt und infolgedessen die Isobuttersäure, zufolge BOKORNY (1), weniger nahrhaft ist als die normale Buttersäure.

MAASSEN (1) verglich die Zersetzbarkeit der Propionsäure mit derjenigen der Essigsäure, indem er ein und dieselben Bakterien-Arten 15 (*Bac. enteritidis* GÄRTNER, *Bac. pyocyaneus*, *Bact. coli commune*) auf ihnen wachsen ließ, wobei sich herausstellte, daß alle diese Arten die essigsauren Salze energisch zersetzten. Ein Unterschied läßt sich auch in dem Verhalten der Essigsäure-Bakterien (s. S. 597) zur Propionsäure und Buttersäure bemerken: sie zersetzen zufolge SEIFERT (1) letztere 20 nämlich gar nicht, ja im Gegenteil üben diese Säuren sogar eine merkbar hemmende Wirkung auf das Wachstum aus. Eine Ausnahme macht das *Bact. aceti*, welches zwar sehr langsam, jedoch immerhin noch propionsauren Kalk zersetzt.

Wegen der Giftigkeit der freien Buttersäure für Bakterien muß 25 man Gärungen, welche zur Ausscheidung dieser Säure führen, stets in Anwesenheit neutralisierender Stoffe, z. B. Karbonate, einleiten, weil sonst der Gärungsvorgang sehr bald stillsteht. Jedoch können auch Buttersäure und Valeriansäure in sehr starker Verdünnung (0,01 bis 0,05 Proz.) als eine (freilich sehr mangelhafte) Kohlenstoff-Quelle für 30 Mikroorganismen dienen. Eine anaerobe Zersetzung buttersaurer Salze hat OMELIANSKI (2) unter Einwirkung derselben Pseudosarcine, welche die Methan-Gärung der Essigsäure hervorruft, sich abspielen sehen. Zu den Gärversuchen dienten folgende Lösungen: a) 0.5 Proz. buttersaurer Kalk und 0.1 Proz. Pepton in Leitungswasser und b) eine 0.5- 35 proz. Lösung von buttersaurem Natron in destilliertem Wasser unter Zusatz der gewöhnlichen mineralischen Nährsalze. Zur Impfung diente das die Pseudosarcine enthaltende Material aus den Zuchten für die Methan-Gärung der Essigsäure. Wie auch dort, ging die Gärung sehr langsam von statten und war von Bildung von Kohlensäure und Methan 40 begleitet, wobei in einigen Fällen fast reines Methan (98 Proz. CH_4) ausgeschieden wurde. Die Umsetzungs-Gleichung für diese Gärung ist offenbar folgende: $Ca(C_4H_7O_2)_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2CO_2 + 5CH_4$.

In einer anderen Reihe von Versuchen nahm OMELIANSKI zum Impfen Gartenerde aus Südrußland. Auch in diesem Falle entwickelte sich in 45 den Zuchten die Pseudosarcine; sie besaß jedoch etwas geringere Abmessungen und zeichnete sich durch eine stärker ausgesprochene Neigung aus, in einzelne Zellen zu zerfallen.

Ueber die durch Bakterien bewirkte Zersetzung höherer Glieder der Reihe der Fettsäuren (Palmitinsäure, Stearinsäure und auch Oelsäure) 50 vergleiche man S. 375 des Zweiten Bandes.

§ 141. Die Vergärung der Milchsäure und Glycerinsäure.

Die Einschaltung einer Hydroxyl-Gruppe in das Molekül erhöht, wie bereits auf S. 638 erwähnt wurde, den Nährwert der Säure. Jedoch wird, abweichend von dieser Regel, zufolge LOEW (2) die Oxyessigsäure
5 oder Glycolsäure, $CH_2OH \cdot COOH$, durch Bakterien weniger leicht zersetzt als die Essigsäure. Dagegen ist bei der Oxypropionsäure oder Milchsäure, $C_3H_6O_3$, die Nahrhaftigkeit und die Zersetzbarkeit weit größer als bei der Propionsäure. Eingehender geprüft ist die Zersetzung der Aethyliden-Milchsäure oder Gärungsmilchsäure,
10 $CH_3 - CH \cdot OH - COOH$, welche ein asymmetrisches Kohlenstoff-Atom enthält, in ihrer racemischen Form als Doppel-Molekül jedoch infolge der Neutralisation der beiden optisch einander entgegengesetzten Komponenten optisch unwirksam ist. Die Frage nach dem Einflusse der optischen Isomerie auf den Nährwert der Säuren wollen wir hier nicht weiter be-
15 rühren, weil sie schon im 15. Kapitel des Ersten Bandes in genügendem Umfange behandelt worden ist.

Einen der gewöhnlichsten Fälle von Zersetzung der Milchsäure stellt deren buttersaure Gärung dar, welche sowohl durch aerobe als auch durch anaerobe Mikroorganismen hervorgerufen werden kann. Der
20 Hauptvertreter der aeroben Erreger von Buttersäure-Gärung der Milchsäure ist der *Bacillus butyricus* HUEPPE (1). Die Buttersäure-Gärung der Milchsäure wird schon seit langem zur Gewinnung normaler Buttersäure aus milchsaurem Kalk mittelst Bakterien des faulenden Käses angewandt. Sie verläuft nach folgender Gleichung:

25 $$2C_3H_6O_3 = C_4H_8O_2 + 2CO_2 + 2H_2.$$

Der Erreger dieser Gärung ist schon durch PASTEUR (3) abgeschieden und als „Vibrion butyrique" bezeichnet worden. Augenscheinlich ist er mit dem „Vibrion septique" von PASTEUR, JOUBERT und CHAMBERLAND (1), mit dem *Bac. oedematis maligni* von KOCH und GAFFKY und dem *Clostridium*
30 *butyricum* von PRAŹMOWSKI identisch. Dieser Organismus war das erste bekannte anaerobe Lebewesen (s. Bd. I, S. 576). Bei der Gärung bildete sich außer der Buttersäure zuweilen auch Butylalkohol; andere Forscher, so KERRY und FRAENKEL (1 u. 2), fanden aber auch Propylalkohol und Ameisensäure.

35 Eine fast reine Buttersäure-Gärung ruft auch der *Amylobacter butyricus* hervor, welchen DUCLAUX (4) aus sterilisiertem Kartoffelsaft, der mit Erdstückchen geimpft worden war, abgeschieden hat, wie auch der *Bac. holobutyricus* von PERDRIX (1). Nach Beobachtungen dieses letzteren Forschers verläuft die Buttersäure-Gärung des milchsauren
40 Kalkes nach zwei verschiedenen Gleichungen:

$$1.\ 13Ca(C_3H_5O_3)_2 = 7Ca(C_4H_7O_2)_2 + 6CaCO_3 + 16CO_2 + 16H_2$$
$$2.\ 5Ca(C_3H_5O_3)_2 = 3Ca(C_4H_7O_2)_2 + 2CaCO_3 + 4CO_2 + 4H_2O,$$

wobei zu Anfang der erste Vorgang überwiegt, zu Ende aber der zweite. Ueber die Buttersäure-Gärung der Milchsäure unter Einwirkung des
45 *Granulobacter butyricum* von BEIJERINCK (2) wie auch des *Granulobacillus saccharobutyricus* von GRASSBERGER und SCHATTENFROH (1) ist bereits auf S. 112 u. 122 des Zweiten Bandes das Wichtigste gesagt worden.

Nach FITZ (3, 4, 5) kann milchsaurer Kalk außer Buttersäure-Gärung auch noch folgende drei Zersetzungen eingehen: 1. Können sich Propion-
50 säure und Essigsäure und Spuren von Bernsteinsäure und Aethylalkohol

nach der Gleichung: $3C_3H_6O_3 = 2C_3H_6O_2 + C_2H_4O_2 + CO_2 + H_2O$ bilden. Nach derselben Gleichung wird milchsaurer Kalk in Anwesenheit von Pepton durch ein Stäbchenbakterium zersetzt, welches durch E. von Freudenreich und O. Jensen (1) aus Emmentaler Käse ausgeschieden und von ihnen als *Bac. acidi propionici* bezeichnet worden ist. 2. Können nach Fitz Essigsäure und normale Valeriansäure, oder 3. Propionsäure und Buttersäure entstehen. Diese Gärungen sind augenscheinlich weit weniger verbreitet als die Buttersäure-Gärung.

Mazé (2) beschreibt eine dem *Bac. ethacetosuccinicus* Frankland's nahestehende Spaltpilz-Art, welche die milchsauren Salze unter Bildung von Essigsäure, Ameisensäure, Aethylalkohol und Kohlensäure zersetzt:

$$1.\ C_3H_6O_3 + O = C_2H_4O_2 + CH_2O_2.$$
$$2.\ C_3H_6O_3 = C_2H_6O + CO_2.$$

Nur bei Luftzutritt vergoren wird Calciumlactat durch die schon auf S. 201 des Zweiten Bandes erwähnte, durch Duclaux (1) abgeschiedene, fakultativ anaerobe Art *Actinobacter polymorphus*, ein sehr dünnes Stäbchen von 2—3 μ Länge, welches von einer gallertigen Hülle umgeben ist. Ein Teil der Milchsäure wird hierbei unter Bildung von Kohlensäure und Wasser bis zu Ende verbrannt, ein anderer Teil aber wird nach der Gleichung: $C_3H_6O_3 + 2O = C_2H_4O_2 + CO_2 + H_2O$ unter Bildung von Acetat verarbeitet.

Verschiedene Vertreter aus Friedländer's Gruppe der Pneumonie-Kokken, wie auch zufolge Hoyer (1) sehr viele Arten von Essigsäure-Bakterien (*Bact. rancens*, *B. pasteurianum*, *B. aceti*), können gleichfalls Calciumlactat zu Calciumkarbonat verbrennen. Sogar die Milchsäure-Bakterien selbst vermögen zufolge Maassen (1) bei Abwesenheit von Milchzucker die Milchsäure weiter zu Kohlensäure und Wasser zu zersetzen.

Nicht selten bedeckt sich die Oberfläche von Flüssigkeiten, welche freie Milchsäure enthalten (saure Milch, Sauerkohl usw.), mit Mikroben-Kolonien, und diese Erscheinung ist dann von einem Rückgang der Säurigkeit der Flüssigkeit begleitet. Aus dem die Sauerkohl-Lake bedeckenden Häutchen (s. Bd. II, S. 321) hat Wehmer (2) das *Oidium lactis* und zwei Arten von *Mycoderma (I u. II)* abgeschieden, Mikroorganismen, von denen ein jeder Milchsäure zersetzt.

Die Einschaltung einer zweiten Hydroxyl-Gruppe in das Propionsäure-Molekül äußert sich in einer kleinen Abschwächung des Nährwertes der Glycerinsäure, $CH_2OH - CHOH - COOH$, im Vergleich zur Milchsäure. Nach Fitz (4, 5, 8) können bei Zersetzung des glycerinsauren Kalkes entweder wesentlich Essigsäure und daneben wenig Aethylalkohol und Bernsteinsäure, oder aber Ameisensäure neben wenig Essigsäure und etwas Methylalkohol entstehen. Frankland und Frew (1 u. 2) beschreiben die Zersetzung des Calcium-Glycerates unter Einwirkung einer Reinzucht des fakultativ anaeroben *Bacillus ethaceticus* nach der Gleichung: $5C_3H_6O_4 = C_2H_6O + 4C_2H_4O_2 + H_2O + 5CO_2 + 3H_2$. Außerdem bildeten sich bei dieser Gärung in verschwindender Menge Ameisensäure und Bernsteinsäure. Nach Beendigung der Gärung blieb in der Flüssigkeit eine linksdrehende Komponente der Glycerinsäure (s. Bd. I, S. 436) unzersetzt zurück (das glycerinsaure Salz wirkt linksdrehend). Der *Bac. ethaceticus* trägt seinen Namen daher, daß er auch aus anderen organischen Substanzen hauptsächlich Alkohol und Essigsäure bildet; er ist von Frankland aus Schafmist isoliert worden und stellt einen sporenlosen, mit Eigenbewegung begabten Bazillus von 1,5

bis 5 μ Länge und 0,8—1 μ Breite (bei Wachstum auf festen Nährböden) dar. In gärenden Flüssigkeiten bildet er lange Fäden; er verflüssigt die Gelatine.

§ 142. Der Abbau der Bernsteinsäure, Aepfelsäure, Weinsäure und Schleimsäure.

Die ersten zwei Vertreter der Gruppe der zweibasischen Säuren, die Oxalsäure, COOH—COOH, und die Malonsäure, $COOH—CH_2—COOH$, sind als Kohlenstoff-Quelle für Mikroben fast untauglich, was seine Erklärung zum Teil in der ihnen eigenen geringen Verbrennungswärme findet, welche für Oxalsäure nur 679 cal. auf 1 g beträgt, also weniger als ein Drittel derjenigen der Ameisensäure (2091 cal.). Es ist demnach nicht verwunderlich, daß sogar die sonst mit allem zufriedenen Schimmelpilze (*Penicillium*) die Oxalsäure nur sehr schwach oxydieren, indem sie an der Oberfläche der Nährlösung zu einer kärglichen fruchtbildenden Decke sich entwickeln. Zufolge SCHMOEGER (1) werden jedoch unter Mitwirkung einiger Bakterien-Arten oxalsaure Salze bis zu Kohlensäure oxydiert: $CaC_2O_4 + O = CaCO_3 + CO_2$. Ueber die Verarbeitung der Oxalsäure durch den Pilz *Actinomyces odorifer* war bereits auf S. 637 die Rede.

Viel höher ist der Nährwert des dritten Gliedes dieser Reihe, der Bernsteinsäure, und zwar des einen der beiden Isomeren, nämlich der Aethylenbernsteinsäure, $COOH—CH_2—CH_2—COOH$. BÉCHAMP (1) hat deren Zersetzung unter der Einwirkung eines Bakterien-Gemisches beobachtet, wodurch Propionsäure und Kohlensäure nach der Gleichung: $C_4H_6O_4 = C_3H_6O_2 + CO_2$ gebildet wurden. GRIMBERT und FICQUET (1) haben eine andere Zersetzung der Bernsteinsäure beschrieben, durch welche Essigsäure entstand, und zwar unter der Einwirkung des *Bacillus tartricus*, eines sehr kleinen, etwa 1—2 μ langen, mit Eigenbewegung begabten Bazillus, der zur Gruppe des *Bact. coli commune* und FRIEDLÄNDER's Pneumonie-Erregers gehört.

Das nächste Homologe der Bernsteinsäure, die Methylbernsteinsäure oder Brenzweinsäure, $COOH—CH\cdot(CH_3)—CH_2—COOH$, zersetzt sich nach BÉCHAMP (1) bei Beimpfung mit einem Bakterien-Gemisch unter Bildung von Methan und Kohlensäure: $2\,C_5H_8O_4 + 2\,H_2O = 5\,CH_4 + 5\,CO_2$.

Nach B. MEYER (1) macht die Einschaltung zweier Methyl-Gruppen in das Molekül der Bernsteinsäure diese zur Ernährung von Schimmelpilzen sogar untauglich.

Die Einschaltung einer Hydroxyl-Gruppe erhöht den Nährwert der Bernsteinsäure beträchtlich. Und in der Tat unterliegt die Oxyaethylenbernsteinsäure oder Aepfelsäure, $COOH—CH\cdot OH—CH_2—COOH$, sehr leicht der Verarbeitung durch Bakterien. Nach MAASSEN (1) wird Aepfelsäure besonders gut durch verschiedene Vibrionen-Arten zersetzt, welche Bernsteinsäure weniger ausgiebig und Dioxybernsteinsäure oder Weinsäure gar nicht zersetzen. BÉCHAMP (1) beschreibt eine Aepfelsäure-Gärung mit Bildung von Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff.

Nach FITZ (3 u. 4) kann äpfelsaurer Kalk folgende zwei Zersetzungen eingehen:

1. Kann dessen Säure in Bernsteinsäure, Essigsäure und Kohlensäure umgesetzt werden: $3\,C_4H_6O_5 = 2\,C_4H_6O_4 + C_2H_4O_2 + 2\,CO_2 + H_2O$.

Die durch ein Mikroben-Gemisch (sowie auch durch verfaulten Käse) bewirkte Gärung verläuft sehr lebhaft und kommt schon in einigen Tagen zum Abschluß. Das hierbei zu beobachtende Auftreten von Bernsteinsäure muß zweifellos der rückbildenden Einwirkung des Wasserstoffes in statu nascendi zugeschrieben werden, welcher neben flüchtigen Säuren als Zwischenprodukt auf Kosten eines Teiles der Aepfelsäure entsteht. Dieselbe Erklärung kann man auch von der Bildung der Bernsteinsäure beim Abbau der Fumarsäure, der Asparaginsäure, des Asparagins u. a. m. geben. Hierher gehört z. B. auch die von MIQUEL (1) beobachtete Bildung von Bernsteinsäure bei Zersetzung des Asparagins, also des Monamides der Monamino-Bernsteinsäure, $NH_2 \cdot CO—CH_2—CH \cdot NH_2—COOH$, bei Einwirkung eines der aeroben Wasserbakterien („la bactérie commune"). Eine ähnliche Zersetzung von äpfelsaurem Natron mit Entwicklung von Bernsteinsäure, Essigsäure und Kohlensäure in dem durch die zuvor gegebene Gleichung ausgedrückten Mengenverhältnisse hat EMMERLING (1) bei Einwirkung einer dem *Bact. lactis aerogenes* sehr nahe stehenden Spaltpilz-Art beobachtet.

2. Kann die Aepfelsäure, als Calciumsalz geboten, sich nach der Gleichung: $3C_4H_6O_5 = 2C_3H_6O_2 + C_2H_4O_2 + 4CO_2 + H_2O$ in Propionsäure, Essigsäure und Kohlensäure umsetzen. FITZ leitete diese Gärung derart ein, daß er Calciummalat-Lösungen mit einem kurzen Stäbchen-Bakterium beimpfte, dessen Art unbestimmt geblieben ist. Auf bernsteinsauren Kalk wirkte dieses Stäbchen jedoch nicht ein.

3. Kann sich die Aepfelsäure zufolge SCHÜTZENBERGER (1) auch unter Bildung von Milchsäure zersetzen: $C_4H_6O_5 = C_3H_6O_3 + CO_2$. PÉRÉ (1) beobachtete eine derartige Gärung nach Beimpfung mit *Bact. coli commune*. Im 17. Kapitel dieses Bandes finden sich Angaben über eine Reihe von Mikroben, welche eine ähnliche Zersetzung der Aepfelsäure unter Bildung von Milchsäure hervorrufen. Diese Mikroben stellen ein Agens dar, welches den Säuregehalt des Weines herabdrückt.

4. Schließlich ist noch eine Buttersäure-Gärung der Aepfelsäure bekannt. Vielleicht stellt diese jedoch keinen selbständigen Vorgang dar, sondern ist nur eine weitere Stufe der oben erwähnten Milchsäure-Gärung: $2C_4H_6O_5 = 2C_3H_6O_3 + 2CO_2 = C_4H_8O_2 + 4CO_2 + 2H_2$.

POTTEVIN (1) hat aus Zwiebelsaft einen Bazillus ausgeschieden, welcher eine Gärung des äpfelsauren Kalkes in Anwesenheit von Pepton unter Bildung von Aethylalkohol, Ameisensäure und Essigsäure hervorruft. Auf weinsaure Salze wirkt dieser Bazillus nicht ein.

Die Einschaltung einer zweiten Hydroxylgruppe in das Bernsteinsäure-Molekül erhöht dessen Nährwert noch weiter. In der Tat gehört die Dioxy-Aethylenbernsteinsäure, $COOH—CH \cdot OH—CH \cdot OH—COOH$, also die Weinsäure, mit zu den vortrefflichsten Nährstoffen. Ohne deren aerobe Zersetzung durch Schimmelpilze (s. 15. Kap. d. I. Bds. und 11. Kap. d. IV. Bds.) weiter zu berühren, wollen wir nur die verschiedenen Arten von Weinsäure-Abbau unter Einwirkung von Bakterien betrachten.

1. Die Umsetzung in Essigsäure, Propionsäure und Kohlensäure ist im Jahre 1863 durch PASTEUR (4) beschrieben worden. Sie verläuft nach der Gleichung: $3C_4H_6O_6 = 2C_2H_4O_2 + C_3H_6O_2 + 5CO_2 + 2H_2O$ und wird durch einen dünnen, beweglichen Bazillus (von 1 μ Breite und 20 μ Länge) besorgt, dessen Zellen zu Beginn der Gärung gleichmäßig in der Flüssigkeit verteilt sind, später aber zu Boden sinken und auf dem aus weinsaurem Kalk bestehenden Niederschlage sich als eine grau

schimmernde, schleimige Haut festsetzen, aus der von Zeit zu Zeit Kohlensäure-Bläschen in die Höhe steigen.

2. FITZ (4) beschreibt eine Zersetzung von Tartraten nach Beimpfung mit Kuhmist, wobei hauptsächlich Essigsäure mit einer geringen Bei-
5 mengung von Aethylalkohol, Bernsteinsäure und Buttersäure entsteht.

3. Bei Einwirkung von Fäulnisbakterien auf Ammoniumtartrat beobachtete KÖNIG (1) eine Zersetzung dieses Salzes nach der Gleichung: $3C_4H_6O_6 = C_4H_6O_4 + 2C_2H_4O_2 + 4CO_2 + 2H_2O$ unter Entwicklung von Bernsteinsäure, Essigsäure und Kohlensäure. Aus 2 kg Weinsäure ge-
10 wann man auf diese Weise ca. 500 g Bernsteinsäure, welche vielleicht auch hier durch Einwirkung des Wasserstoffes in statu nascendi (vergl. S. 647) entstanden ist. Eine ganz gleiche Gärung haben später GRIMBERT und FICQUET (1) bei Einwirkung einer Reinzucht des *Bac. tartricus* (s. S. 646) beobachtet, welcher die Tartrate sowohl unter aeroben als
15 auch anaeroben Bedingungen kräftig zersetzt. Weil die Bernsteinsäure ihrerseits durch denselben Bazillus unter Entwicklung von Essigsäure zersetzt wird, können schließlich als einzige Gärprodukte Essigsäure und Kohlensäure übrig bleiben. Eine solche Gärung hat SCHÜTZENBERGER (1) beobachtet: $C_4H_6O_6 = C_2H_4O_2 + 2CO_2 + H_2$.

20 4. Calciumtartrat vergärt mit organischen Stoffen nach der Gleichung: $2C_4H_6O_6 = C_3H_6O_2 + 5CO_2 + 3H_2$ unter Bildung von Propionsäure, Kohlensäure und Wasserstoff. Diese Gärung ist von DUMAS, MALAGUTI und LEBLANC (1), wie auch von KÖNIG (1) beschrieben worden.

5. Der Buttersäure-Gärung der Weinsäure geht vielleicht, wie auch
25 bei der Aepfelsäure, eine Zersetzung unter Milchsäure-Entwicklung voraus:

$$3C_4H_6O_6 = 2C_3H_6O_3 + 6CO_2 + 3H_2$$
$$2C_3H_6O_3 = C_4H_8O_2 + 2CO_2 + 2H_2$$
$$3C_4H_6O_6 = C_4H_8O_2 + 8CO_2 + 5H_2.$$

6. Es erübrigt noch zu erwähnen, daß GAUTIER (1) eine Zersetzung
30 des Kaliumtartrates beobachtet hat, bei welcher es zur Bildung von Tartronsäure, COOH—CH·OH—COOH, kommt.

Die Schleimsäure, $C_4H_4(OH)_4 \cdot (COOH)_2$, gehört zur Gruppe der sechswertigen zweibasischen Säuren: ihre empirische Formel ($C_6H_{10}O_8$) unterscheidet sich von derjenigen der Citronensäure ($C_6H_8O_7$) nur durch
35 ein Molekül Wasser. Ihre Nahrhaftigkeit wird durch ihre geringe Löslichkeit im Wasser beeinträchtigt. In betreff ihres Abbaues verfügen wir nur über veraltete Angaben. So hat RIGAULT (1) die Zersetzung des schleimsauren Kalkes nach Beimpfung mit fauligem Fleisch beobachtet, wobei Kohlensäure, Wasserstoff, Essigsäure und in geringer Menge auch
40 Buttersäure entstanden. Nach SCHÜTZENBERGER kann diese Gärung durch die Gleichung: $3C_6H_{10}O_8 = 8CO_2 + 5H_2 + 3C_2H_4O_2 + C_4H_8O_2$ versinnbildlicht werden. Die Buttersäure kann bloß als Nebenprodukt gelten. Wenn man von ihr absieht, kann die Hauptreaktion durch folgende Gleichung dargestellt werden: $C_6H_{10}O_8 = 2CO_2 + H_2 + 2C_2H_4O_2$.

45 CISZKIEWICZ (1) sah Zersetzung des schleimsauren Ammoniaks nach Beimpfung mit einigen Kubikzentimetern fauliger Pasteur'scher Nährlösung (weinsaures Ammoniak). Nach drei Wochen langer Züchtung bei 30—40° C trübte sich die Flüssigkeit stark und roch nach Pyrrol und Indol. Gasausscheidung war nicht zu beobachten. In der vergorenen
50 Flüssigkeit fand sich außer Spuren von Pyrrol nur kohlensaures Ammoniak vor. Wesentlich andere Ergebnisse wurden erhalten, als schleimsaures Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur (15—20° C) in Gärung versetzt wurde. Nach 25 Tagen war die Flüssigkeit durchaus schleimig und

fadenziehend geworden (eigenartige Gärung, die man noch am Besten mit der schleimigen Gärung des Zuckers vergleichen könnte). Außer Schleim bildete sich auch hier Ammonium-Karbonat in ansehnlicher Menge.

§ 143. Die Zersetzung der Citronensäure, Fumarsäure und Maleinsäure. 5

Ueber die Zersetzung der einfachsten dreibasischen Säure, der Tricarballylsäure, $COOH - CH_2 - CH\cdot(COOH) - CH_2 - COOH$, ist uns nur der Hinweis von Maassen (1) bekannt, daß nämlich der *Bacillus typhi abdominalis*, nicht aber auch das *Bact. coli commune*, diese Säure zersetzt, eine Tatsache, die aus dem Grunde bemerkenswert ist, weil 10 sie wohl der einzige Fall ist, daß der Typhusbazillus sich vom Colibakterium durch ein positives Merkmal unterscheidet.

Die zu der Tricarballylsäure in naher Verwandtschaft stehende Citronensäure, $COOH - CH_2 - C(OH)\cdot COOH - CH_2 - COOH$, welche sich von ersterer nur durch eine Hydroxyl-Gruppe an Stelle eines 15 Wasserstoff-Atoms unterscheidet, gehört zu den Säuren mit verhältnismäßig hohem Nahrhaftigkeits-Koeffizienten. Es sind vielerlei Arten der Zersetzung ihrer Salze bekannt. Bei der Gärung citronensaurer Alkalien mit Mandelkleien-Auszug erhält man zufolge Buchner (1) Essigsäure und Kohlensäure. Bei der Gärung von Calciumcitrat mit fauligem Käse 20 entstehen zufolge How (1) Kohlensäure, Wasserstoff und Essigsäure. Das nämliche Calciumcitrat zersetzt sich zufolge Personne (1) bei Anwesenheit von Bierhefe unter Bildung von Kohlensäure, Wasserstoff, Essigsäure und Buttersäure. Zuerst entstehen Essigsäure und Milchsäure nach der Gleichung: $4C_6H_8O_7 + 2H_2O = 3C_2H_4O_2 + 4C_3H_6O_3 + 6CO_2$, 25 sodann aber wird die Milchsäure in Buttersäure umgewandelt. Bei der Gärung von Natriumcitrat mittelst fauligen Fleisches bilden sich zufolge Phipson (1) Kohlensäure und Buttersäure. Nach Fitz (3) zersetzt sich citronensaurer Kalk unter Einwirkung eines von ihm aus Heu-Waschwasser rein gezüchteten (?) kleinen dünnen Bazillus unter ausgiebiger 30 Ausscheidung von Essigsäure, welcher ein wenig Aethylalkohol und Bernsteinsäure beigemengt sind. Aus 100 g des Salzes erhielt Fitz auf diese Weise 72,9 g Calciumacetat. Nach Frankland und Frew (1) kann sich Calciumcitrat unter Bildung von Aethylalkohol, Essigsäure und Bernsteinsäure (d. h. der nämlichen Produkte, die auch Fitz gefunden 35 hat) zersetzen, wenn es mit einer Reinzucht des *Bac. ethacetosuccinicus* beimpft wird, eines sporenlosen, unbeweglichen Bazillus von 0,5—1 μ Breite und 1,7—2,5 μ Länge. Frankland fand, daß dieser Bazillus die Fähigkeit, Calciumcitrat auf eiweißlosen Nährböden zu zersetzen, verliert, wenn er einmal auf festem Nährboden (Gelatineplatte) ge- 40 züchtet wird. Er erlangt diese Fähigkeit jedoch wieder, sobald er zuerst in reine Bouillon mit Calciumcitrat-Zusatz, dann aber in immer stärker verdünnte Bouillon verimpft wird. Im Jahre 1903 beschrieb Seifert (2) eine durch Bakterien bewirkte Zersetzung der Citronensäure (s. S. 476) in Johannisbeerweinen mit Essigsäure-Bildung, welche dann einen stichigen 45 Geschmack verursacht. Der Johannisbeerwein trübt sich dabei schwach, scheidet einen weißen, leicht aufrührbaren Bodensatz ab und wird in der Farbe etwas lichter. Der Bodensatz zeigt neben vielen Hefenzellen reichlich Stäbchenbakterien, welche ca. 2 μ lang und 1 μ breit und zu kurzen Ketten von 2—4 Gliedern vereint und unzweifelhaft als die Ur- 50

sache der krankhaften Veränderungen des Johannisbeerweines anzusprechen sind. Weitere Angaben über die Zersetzung der Citronensäure unter der Einwirkung der Bakterien im Weine finden sich im 17. Kapitel dieses Bandes.

5 Wir hatten es bisher nur mit gesättigten Säuren zu tun, also solchen, deren Kohlenstoff-Atome durch einfache Bindung aneinander hängen. Betrachten wir nun das Verhalten der Mikroben zu einigen Vertretern ungesättigter Säuren, und zwar zur Fumarsäure und zur Maleinsäure, welche isomer sind und sich nur durch die räumliche Lagerung 10 der Atome voneinander unterscheiden: die Maleinsäure besitzt eine plansymmetrische, die Fumarsäure eine centrische oder axialsymmetrische Konfiguration:

```
H—C—COOH            H—C—COOH
  ||                   ||
H—C—COOH         COOH—C—H
 Maleinsäure          Fumarsäure
```

15 Von diesen beiden ist die Fumarsäure ein vortrefflicher Nährstoff für Mikroben, während der Nährwert der Maleinsäure fast gleich Null ist. Ed. Buchner (1) hat nachgewiesen, daß sowohl das *Penicillium glaucum* als auch der *Aspergillus niger* das Ammoniumsalz der Fumarsäure leicht oxydieren, während sie der Maleinsäure, sowie auch zufolge B. Meyer (1) 20 deren nächsten Abkömmling, der Citraconsäure oder Methylmaleinsäure, gegenüber sich durchaus ablehnend erweisen. C. Boersch (1) fand ein ähnliches Verhalten zu beiden Isomeren bei der *Sarcina flava*, Loew (1) bei gewissen anderen Bakterien. Nach Beobachtungen dieses letzteren Forschers entwickelt sich auf 0.1 — 0.2-proz. Lösung des 25 Natriumsalzes der Fumarsäure rasch eine reichhaltige Flora verschiedenartiger Bakterien, während auf maleinsaurem Natron unter denselben Bedingungen fast ausschließlich eine einzige Art wuchert, die dem *Bac. fluorescens liquefaciens* sehr nahe steht; auf einer ähnlichen Lösung des citraconsauren Salzes entwickeln sich kleine, kurze, bewegliche Stäb- 30 chen, die keine Fluorescenz herbeiführen. Ueber die Zersetzungsprodukte dieser Säuren sind unsere Kenntnisse sehr spärlich.

§ 144. Aromatische Säuren als Kohlenstoffquelle. Rückblick.

Aromatische Verbindungen erweisen sich überhaupt als eine minderwertige Nahrung für Mikroben. Diese Regel gilt auch für die Säuren 35 aus der aromatischen Reihe, von denen die überwiegende Mehrzahl auf das Wachstum der Mikroben hemmend einwirkt, viele sogar sehr starke Gifte sind, welche in der Medizin und in der Technik Anwendung finden.

Hierher gehört z. B. die Salicylsäure oder Orthooxybenzoesäure, $C_6H_4 \cdot OH \cdot COOH$, welche nicht selten zur Konservierung von Weinen 40 (s. S. 452), Fleisch (s. Bd. II, S. 414) u. dgl. m., wie auch in der medizinischen Praxis verwendet wird. Aber auch sie kann, wie bereits erwähnt (s. S. 636), bei sehr schwacher Konzentration, welche 0,05 g auf den Liter nicht übersteigt, zufolge Lott (1) durch Schimmelpilze vollständig zersetzt werden.

45 Zur Ernährung dieser letzteren kann auch die Mandelsäure oder Phenylglycolsäure, $C_6H_5 \cdot CH(OH) \cdot COOH$, (s. Bd. I, S. 435) dienen. Nach Maassen (1) wird sie auch durch einige Bakterien-Arten, wie *Bacillus cyanogenus*, *Bac. fluorescens* und *Bac. pyocyaneus*, kräftig oxydiert.

Verhältnismäßig leicht wird durch niederste Lebewesen auch die Chinasäure oder Hexahydrotetraoxybenzoesäure, $C_6H_7(OH)_4 \cdot COOH$, zersetzt, welche aus Chinarinde gewonnen werden kann. Auf ihre Brauchbarkeit als Kohlenstoff-Quelle für Schimmelpilze hat bereits NÄGELI (1) hingewiesen, in dessen Nährwertskala die Chinasäure un- 5 mittelbar hinter dem Pepton steht. SAMKOW (1) hat den *Bacillus prodigiosus* auf Chinasäure-Lösung mit Erfolg gezüchtet. Nach LOEW (3) und nach EMMERLING und ABDERHALDEN (1) wird bei der Gärung des chinasauren Kalkes durch Spaltpilze an der Luft Protokatechusäure gebildet: $2C_6H_7(OH)_4 \cdot COOH + O_2 = 2C_6H_3(OH)_2 \cdot COOH + 6H_2O$. Bei 10 Gärung unter Luft-Abschluß wird der Benzolring aufgesprengt, und die Chinasäure zersetzt sich unter Entwicklung von Ameisensäure, Essigsäure und Propionsäure. Nach MAASSEN (1) verarbeitet der *Bacillus capsulatus Pfeifferi* die Chinasäure kräftig.

Wir sehen, daß jede der drei letztgenannten aromatischen Säuren 15 in ihrem Molekül eine Hydroxyl-Gruppe enthält, deren Einschaltung überhaupt den Nährwert chemischer Verbindungen erhöht. Nach Angaben von PFEFFER (1) kann jedoch auch die einfachste aromatische Säure, die Benzoesäure, $C_6H_5 \cdot COOH$, als Kohlenstoff-Quelle für Mikroben dienen. 20

Um mit den Beispielen von Zersetzung einzelner Vertreter der organischen Säuren zum Schlusse zu kommen, müssen wir noch den Abbau irgendeiner der komplizierten Säureverbindungen von unbestimmtem Bau und nicht selten auch unbestimmter Zusammensetzung betrachten, welche in pflanzlichen und tierischen Organismen enthalten 25 sind und mit deren Ueberresten in den Boden gelangen, wo sie der Einwirkung der Mikroben ausgesetzt sind. Nehmen wir z. B. die Nucleinsäure, welche in mehreren Abarten bekannt ist, die sowohl durch die Größe ihrer Wasserlöslichkeit als auch durch ihre Herkunft (Hefen-Nucleinsäure, Thymus-Nucleinsäure u. a.) sich voneinander unter- 30 scheiden. Die Hefen-Nucleinsäure hat nach A. KOSSEL (1) die Molekular-Formel $C_{17}H_{26}N_6P_2O_{14}$, zeigt in reiner Gestalt keine Eiweiß-Reaktion, wohl aber Pentosen-Reaktion und zersetzt sich unter Bildung von Phosphorsäure und Nucleinbasen. Die Nucleinsäure aus der Thymusdrüse besitzt starke bactericide Kraft, und zwar zufolge H. KOSSEL (1) 35 dank ihrer Fähigkeit, Eiweiß niederzuschlagen. Ihre 0,5-proz. Lösung tötet Cholera-Vibrionen in 3–5 Minuten. Salze der Thymus-Nucleinsäure können nach IWANOFF (1) als geeignete Stickstoff- und Phosphor-Quelle, nicht aber (s. Bd. I, S. 409) auch als Kohlenstoff-Quelle dienen. SCHITTENHELM und SCHRÖTER (1) haben die Wirkung von *Bact. coli*, 40 *Staphylococcus pyogenes albus* und Bakterien der Exkremente auf die Nährlösung von USCHINSKY studiert, in welcher (s. Bd. I, S. 556) der Stickstoff als Natronsalz der Hefen-Nucleinsäure geboten wird. Hierbei traten Purinbasen auf, welche in einigen Fällen unter Bildung von Gasen weiter zersetzt wurden, und zwar entstanden Kohlensäure, Stick- 45 stoff, Wasserstoff und Methan, die beiden letzteren Gase jedoch nur nach Beimpfung mit Exkrementen. Außerdem fanden sich Phosphorsäure, Aethylalkohol, Ameisensäure und Oxalsäure, Ammoniak, Hypoxanthin, Xanthin, und zwar in sehr geringer Menge, vor. —

Wir haben also den durch Bakterien bewirkten Abbau organischer 50 Säuren der verschiedensten Zusammensetzung betrachtet. Werfen wir einen Rückblick auf das hier angeführte Tatsachen-Material, um es von zwei verschiedenen Standpunkten aus zu beurteilen: 1. vom rein chemi-

schen, insoweit als es über den Charakter der abbauenden Mikrobenarbeit Aufschluß gibt, und 2. vom physiologischen, insoweit es die Rolle der organischen Säuren im Bau- und Betriebs-Stoffwechsel der Mikroorganismen im Zusammenhange mit dem allgemeinen Ernährungsproblem aufklärt. Was den ausschließlich chemischen Teil der Erscheinung anbetrifft, so müssen wir hier die auffällige Gleichartigkeit der Typen von Zersetzung organischer Säuren vermerken. Die komplizierteren Säuren zerfallen gewöhnlich in Alkohol und einfache organische Säuren, diese letzteren aber verbrennen ihrerseits bei Luft-Zutritt unter Bildung von Kohlensäure und Wasser, bei Luft-Abschluß aber unter Bildung von Kohlensäure und Wasserstoff oder Methan.

Viel interessanter ist die Frage vom physiologischen Standpunkte aus, und zwar in dem Sinne, daß die Ursachen des Gedeihens oder Versagens der Mikroorganismen auf verschiedenen organischen Säuren aufgeklärt werden sollen. Die Stellung der Säuren unter anderen Stoffwechsel-Produkten, ihr verhältnismäßig einfacher Bau, welcher den ganzen chemischen Prozeß von Anfang bis zu Ende genau zu verfolgen gestattet, wie auch die äußerste Schlichtheit der Lebenstätigkeit einzelliger Organismen bieten für diese Untersuchungen sehr günstige Bedingungen für die Entscheidung vieler grundlegender Fragen der Ernährungsphysiologie überhaupt, da man augenscheinlich zwischen den Ernährungs-Vorgängen bei den Mikroben einerseits und bei den höher organisierten Pflanzen andrerseits keine Schranken errichten darf, und also die unter diesen einfachsten Verhältnissen gewonnenen Ergebnisse auf das weite Gebiet der Pflanzenernährung überhaupt Anwendung finden können. Leider stammt fast sämtliches hierher gehörige Material, welches wir in vorliegendem Kapitel durchgemustert haben, aus verhältnismäßig alten Zeiten, muß also als in hohem Grade unzuverlässig erachtet und den derzeitigen Forderungen einer bakteriologischen Untersuchung gemäß von Grund aus neu bearbeitet werden. Daß man von diesem lückenhaften und in vielen Fällen widerspruchsvollen Material ausgeht und daraus irgend welche positiven Schlußfolgerungen zieht, ist selbstverständlich unzulässig. Jedoch auch schon jetzt kann man mit Sicherheit behaupten, daß der Nährwert organischer Säuren nicht bloß durch deren chemische Natur, deren Fähigkeit, gewisse chemische Verbindungen einzugehen, und deren dynamischen Zustand, d. h. die in ihnen aufgestapelte und durch die Verbrennungswärme zu messende potentielle Energie bestimmt wird, sondern auch durch andere, noch unbekannte Ursachen, welche erst von zukünftigen Forschern aufgedeckt werden müssen. Es ist leicht möglich, daß der Weg, welchen Nägeli, Maassen und Loew beschritten haben, nämlich ihr Versuch, den Nährwert verschiedener Verbindungen zu deren Strukturverhältnissen und zu der Anwesenheit verschiedener charakteristischer Gruppierungen, welche als Bausteine beim Aufbau des Mikrobenleibes dienen können, in Beziehung zu setzen, uns dazu verhelfen kann, daß wir uns der Wahrheit nähern. Eine umfassende Antwort auf die verwickelten Fragen der Ernährung dürfen wir jedoch nicht eher erwarten, als bis wir auch von der anderen Seite an sie herantreten können, wo wir die chemischen Eigenheiten des lebenden Plasmas, welche dessen Wahlvermögen für verschiedene Nährstoffe bedingen, in Betracht zu ziehen haben; dieses wird aber erst nach weiteren wesentlichen Fortschritten der physiologischen Chemie möglich werden. Erst dann, wenn die Frage auf so breite Grundlage gestellt werden wird, daß sie den Ernährungsvorgang in seinem ganzen

Umfange erfaßt, ist die Möglichkeit einer befriedigenden Lösung des schon seit langem sich aufdrängenden Ernährungsproblems vorherzusehen oder werden wenigstens leitende Gesichtspunkte für weitere Verallgemeinerungen sich finden lassen.

Literatur

zum Kapitel Der Abbau einiger organischer Säuren durch Spaltpilze.

*Bahr, (1) Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., Orig., 1905, Bd. 39, S. 269. *Béchamp, (1) Bull. Société chimique, Paris, 1894, Bd. 11, S. 418. *Beijerinck, (1) Centralbl. f. Bakt., 1893, Bd. 14, S. 834. — (2) Ueber die Butylalkoholgärung und das Butylferment. Amsterdam 1893. *Bergmann, (1) Bot. Ztg., 1882, Bd. 40, S. 731. *Boersch, C., (1) Beitrag zur Kenntnis der Bakterien des Weines und zur Kenntnis der Hefen. Dissert., Erlangen 1893. *Bokorny, (1) Milchztg., 1897, Bd. 26, S. 18. *Buchner, Ed., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1892, Bd. 25, S. 1161. *Buchner, H., (1) Ref. in Jahresb. über die Fortschr. d. Chemie, 1851, Bd. 4, S. 376. *Ciszkiewicz, (1) Ueber die Gärung des schleimsauren Ammoniaks. Dissert., Bern 1879; s. auch M. Nencki, Opera omnia, Braunschweig 1905, Bd. 1, S. 495. *Cohn, F., (1) Beitr. z. Biol. d. Pflanz., 1870, Bd. 1, S. 127. *Czapek, (1) Beiträge z. chem. Physiol. u. Pathol., 1902, Bd. 1, S. 538. — (2) Ebenda, 1902, Bd. 2, S. 557. *Duclaux, (1) Annales de l'Inst. nat. agronomique, 1882. — (2) Ann. Pasteur, 1889, Bd. 3, S. 97. — (3) Ebenda, 1892, Bd. 6, S. 593. — (4) Ebenda, 1895, Bd. 9, S. 811. — (5) Comptes rend. de l'Ac., 1886, Bd. 103, S. 881 u. 1010. *Dumas, Malaguti und Leblanc, (1) Ref. in Liebigs Ann., 1848, Bd. 64, S. 329. *Emmerling, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1899, Bd. 32, S. 1915. — (2) Ebenda, 1902, Bd. 35, S. 2289. — (3) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 10, S. 273. *Emmerling und Abderhalden, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 10, S. 337. *Fitz, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1876, Bd. 9, S. 1348. — (2) Ebenda, 1877, Bd. 10, S. 176. — (3) Ebenda, 1878, Bd. 11, S. 42. — (4) Ebenda, 1879, Bd. 12, S. 474. — (5) Ebenda, 1880, Bd. 13, S. 1309. — (6) Ebenda, 1881, Bd. 14, S. 1084. — (7) Ebenda, 1882, Bd. 15, S. 867. — (8) Ebenda, 1883, Bd. 16, S. 844. *Frankland, Percy, (1) Centralbl. f. Bakt., 1894, Bd. 15, S. 101. *Frankland, P., und Frew, (1) Journal Chemical Society, 1891, Bd. 59/60, S. 81. — (2) Ref. in Centralbl. f. Bakt., 1892, Bd. 12, S. 724. — (3) Journal Chemical Society, 1892, Bd. 60, S. 254. *Franzen, H., und Steppuhn, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1911, Bd. 44, S. 2915. *Freudenreich, Ed. von, und Jensen, O., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1907, Bd. 17, S. 529. *Gautier, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1878, Bd. 86, S. 1338. *Grassberger und Schattenfroh, (1) Arch. f. Hyg., 1902, Bd. 42, S. 219. *Grimbert und Ficquet, (1) Comptes rendus Société de Biologie, 1897, S. 962; Journal de Pharmacie et de Chimie, 6. sér., 1897, Bd. 7, S. 97. *Henneberg, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1898, Bd. 4, S. 140. *Hoppe-Seyler, F., (1) Z. f. physiolog. Chem., 1887, Bd. 11, S. 561. *Hoyer, (1) Die deutsche Essigindustrie, 1899, Bd. 3, S. 1. *How, (1) Ref. in Jahresb. über d. Fortschr. d. Chemie, 1852, Bd. 5, S. 469. *Hueppe, (1) Mitt. kais. Ges.-Amt, 1884, Bd. 2, S. 353. *Iwanoff, (1) Z. f. physiolog. Chem., 1903, Bd. 39, S. 31. *Jensen, O., (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1904, Bd. 13, S. 161. *Katayama, (1) Bulletin College of Agriculture, Tokyo, Bd. 5, Nr. 2. *Kerry, R., und Fraenkel, S., (1) Monatsh. f. Chem., 1890, Bd. 11, S. 268. — (2) Ebenda, 1891, Bd. 12, S. 350. *König, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1881, Bd. 14, S. 211. — (2) Ebenda, 1882, Bd. 15, S. 172. *Kossel, A., (1) Arch. d. Anat. u. Phys., Physiol. Abt., 1891, S. 181. *Kossel, H., (1) Sitzungsber. d. physiolog. Ges. zu Berlin, 8. Dez. 1893. *Laborde, (1) Ann. Pasteur, 1897, Bd. 11, S. 1. *Lafar, (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1895, Bd. 1, S. 136. *Lewkowitsch, (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1883, Bd. 16, S. 2720. *Limpricht und Uslar, (1) Liebigs Ann., 1855, Bd. 94, S. 321. *Loew, (1) Centralbl. f. Bakt., 1892, Bd. 12, S. 361 u. 462. — (2) Die chemische Energie der lebenden Zellen. München 1898. — (3) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1881, Bd. 14, S. 450. *Lott, (1) Journal Society Chemical Industry, 1903, Bd. 22, S. 198. *Maassen, (1) Arb. Kais. Ges.-Amt, 1896, Bd. 12, S. 340. *Mazé, (1) Comptes rend. de l'Ac., 1903, Bd. 137, S. 887. — (2) Ebenda, 1913, Bd. 156, S. 1101. *Meyer, Ad., (1) Die Gärungschemie als Einleitung in die Technologie der Gärungsgewerbe. Heidelberg 1895. *Meyer, B., (1) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges., 1891, Bd. 24, S. 1071. *Meyer, L., (1) Z. f. physiolog. Chem., 1904, Bd. 40, S. 550. *Miquel, (1) Bulletin Société chimique, Paris, 1879, Bd. 31, S. 101. *Müller-Thurgau, (1) Ber. über die Verhandl. d. XIV. Deutschen Weinbau-Kongresses in Neustadt a. d. Hardt, 1895. Mainz 1896, S. 30. *Munk, (1) Virchows Archiv, 1880, Bd. 80, S. 10. *Nägeli, (1) Bot. Mitteil., 1881, Bd. 3, S. 401. — (2) Untersuchungen

über niedere Pilze. München u. Leipzig 1882. ***Omelianski,** (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1903, Bd. 11, S. 177. — (2) Ebenda, 1. Abt., Orig., 1903, Bd. 34, S. 1. — (3) Ebenda, 2. Abt., 1905, Bd. 14, S. 673. — (4) Ebenda, 2. Abt., 1906, Bd. 15, S. 673. ***Pakes** und **Jollyman,** (1) Proceedings Chemical Society, 1901, Bd. 17, S. 29 u. 39. ***Pasteur,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1858, Bd. 46, S. 617. — (2) Ebenda, 1860, Bd. 51, S. 298. — (3) Ebenda, 1861, Bd. 52, S. 344. — (4) Ebenda, 1863, Bd. 56, S. 416. — (5) Annales de l'École norm. supér., 1864, Bd. 1. ***Pasteur, Joubert** und **Chamberland,** (1) Comptes rend. de l'Ac., 1878, Bd. 86, S. 1037. ***Péré,** (1) Ann. Pasteur, 1893, Bd. 7, S. 745. ***Perdrix,** (1) Comptes rendus Soc. de Biologie, 1904, Bd. 7, S. 480. — (2) Ebenda, 1905, Bd. 8, S. 634. ***Personne,** (1) Ref. in Jahresb. über die Fortschr. d. Chemie, 1853, Bd. 4, S. 414. ***Pfeffer,** (1) Jahrb. wiss. Bot., 1895, Bd. 28, S. 205. ***Phipson,** (1) Ref. in Jahresb. über die Fortschr. d. Chemie, 1862, Bd. 15, S. 312. ***Plenge,** (1) Z. f. physiolog. Chem., 1903, Bd. 39, S. 190. ***Pottevin,** (1) Ann. Pasteur, 1898, Bd. 12, S. 49. ***Praźmowski,** (1) Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte und Fermentwirkung einiger Bakterienarten. Leipzig 1880. ***Reinke,** (1) Unters. a. d. bot. Inst. zu Göttingen, 1883, H. 3, S. 39. ***Rigault,** (1) Ref. in Jahresb. über die Fortschr. d. Chemie, 1860, Bd. 13, S. 263. ***Salzmann,** (1) Dissert., Königsberg i. Pr. 1902. ***Samkow,** (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1904, Bd. 11, S. 305. ***Scheremetjewski,** (1) Ber. über d. Verhandl. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissenschaften, Leipzig, 1868, S. 154. ***Schittenhelm** und **Schröter,** (1) Z. f. physiolog. Chemie, 1903, Bd. 39, S. 203. — (2) Ebenda, 1903, Bd. 40, S. 62 u. 70, und Bd. 41, S. 284. ***Schmoeger,** (1) Ber. der Deutsch. Chem. Ges., 1879, Bd. 12, S. 753. ***Schotten,** (1) Z. f. physiolog. Chem., 1883, Bd. 7, S. 375. ***Schützenberger,** (1) Les fermentations. Paris 1896. ***Seifert,** (1) Centralbl. f. Bakt., 2. Abt., 1897, Bd. 3, S. 337. — (2) Zeitschrift f. d. landw. Versuchswesen in Oesterreich, 1903, Bd. 6, S. 738. ***Söhngen,** (1) Het ontstaan en verdwijnen van waterstof en methaan onder den invloed van het organische leven. Dissert., Delft 1906; ref. in: Stockhausen, Oekologie, Anhäufungen nach Beijerinck. Berlin 1907, S. 238. ***Strecker,** (1) Liebigs Ann., 1854, Bd. 92, S. 80. ***Stutzer,** (1) Landw. Versuchsstationen, 1878, Bd. 21, S. 116. ***Treboux,** (1) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1905, Bd. 23, S. 432. ***Wehmer,** (1) Bot. Ztg., 1891, Bd. 49, S. 233. — (2) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., 1903, Bd. 21, S. 67. ***Weiske** und **Flechsig,** (1) Z. f. Landwirtschaft, 1889, Bd. 37, S. 199. ***Wurm,** (1) Dinglers Journ., 1880, Bd. 235, S. 225.

Sach-Register

zusammengestellt von

Dr. Leopold Meyer,

Bakteriologen der k. k. landw.-chem. Versuchsstation in Wien.

(Ein * Sternchen vor der Seitenzahl bedeutet Abbildung. — Unter C bezw. K vermißte Stichwörter suche man unter K bezw. C. Wörter mit ä, ö, ü suche man alphabetisch unter ae, oe, ue. — Die Synonyma wichtiger Organismen sind angeführt, so daß man betr. eines solchen an mehreren Stellen nachzusehen haben wird.)

A.

B.

C.

D.

F.

G.

H.

I.

J.

K.

L.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

U.

V.

X.

Y.

Z.

Berichtigungen.

Zum Ersten Band.

Seite 200	Zeile 10		anstatt Protomyces	lies *Protomyces*
„ 262	„ 2		„ gelang tin	„ gelangt in
„ 301	„ 6	v. oben	ist einzuschalten:	*Schwickerath, Karl, (1) D. R. P. 113164 v. 8. 4. 1899; Chem. Centralbl., 1900, Bd. II, S. 653.
„ 437	„ 1		anstatt Propylglycol	lies Propylenglycol
„ 508	„ 53		„ Umstanden	„ Umständen
„ 509	„ 29		„ Antagonismns	„ Antagonismus
„ 538	„ 46		„ Vünften	„ Fünften
„ 548	„ 40		„ 7. bezw. 18.	„ 7. bezw. 17.
„ 549	„ 17	v. unten	„ Brauer-Journal, 1902,	„ Brauer-Journal, 1901,
„ 667	„ 12	v. unten	„ 1902, Bd. 25,	„ 1903, Bd. 25,
„ 683	„ 26		„ Kolarot	„ Colarot
„ 683	„ 27		„ Kolatin	„ Colatin

Zum Zweiten Band.

Seite 1	Zeile 23		anstatt subkutauer	lies subkutaner
„ 107	„ 41		„ *Bac. aceticus*	„ *Bact. aceticum*
„ 191	„ 23		„ GAS HING	„ GASCHING
„ 365	„ 36		„ (vergl. S. 316)	„ (vergl. S. 348)
„ 486	„ 40		„ 21. Kapitel	„ 20. Kapitel
„ 487	„ 28		„ 3CaO + 2aq	„ CaO + 2aq
„ 502	„ 6	v. unten	„ Archiv	„ Archief
„ 535	„ 7		„ E. STRASBURGER	„ J. STRASBURGER
„ 544	„ 7	v. unten	„ Westfalens, 1906, S. 54.	„ Westfalens, 1906, medizin. Abteilung (B), S. 54.
„ 544	„ 8	v. unten	„ *Strasburger, E., (1)	„ *Strasburger, Julius, (1)

Zum Dritten Band.

Zu S. 12 Zeile 3: Nach K. NAUMANN (Berliner Dissert., 1910) muß der von SAIDA angeführte *Endococcus* richtig *Epicoccum* heißen

Seite 204	Zeile 53	anstatt GASPERINI,	lies GASPERINI (1),
„ 206	„ 52	„ m	„ im
„ 218	„ 10	„ ozydiert	„ oxydiert
„ 413	„ 47	„ LUDWIG (1)	„ LUDWIG (2)
„ 481	„ 22	„ *Endococcus*	„ *Epicoccum*

Zum Vierten Band.

Seite	Zeile			anstatt		lies
Seite 29	Zeile 29		anstatt	NASTUKOFF (1)	lies	NASTÜKOFF (1)
„ 30	„ 30		„	ADERHOLD	„	ADERHOLD (1)
„ 30	„ 31		„	NASTUKOFF	„	NASTÜKOFF (1)
„ 39	„ 6	v. oben	„	Nastukoff	„	Nastükoff
„ 39	„ 20	v. oben	„	*Seynes, J., de,	„	*Seynes, J. de,
„ 66	„ 38		„	beid em	„	bei dem
„ 87	„ 17		„	17. Kapitel	„	16. Kapitel
„ 101	„ 37		anstatt	COOH—CH_2—CH . NH_2—	lies	COOH—CH . NH_2—CH_2—
„ 112	„ 26		anstatt	17. Kapitel	lies	16. Kapitel
„ 191	„ 11	v. unten	„	1900, Heft 3.	„	1900, Bd. 3, S. 204; 1901, Bd. 4, S. 215.
„ 191	„ 12	v. unten	„	1899 1900, und	„	für 1899 u. 1900;
„ 193	„ 11		„	*Cephalosthea*	„	*Cephalotheca*
„ 193	„ 31		„	im Fruchtkörperinneren	„	ins Fruchtkörperinnere
„ 193	„ 32		„	*Penicillopsis*	„	*Penicilliopsis*
„ 333	„ 17		„	17. Kapitel	„	16. Kapitel
„ 399	„ 33		„	Sie wird	„	Er wird
„ 406	„ 23	v. oben	„	Chem., 1883, Bd. 17, S. 105.	„	Chem., 1878, Bd. 125, S. 105.
„ 407	„ 11	v. oben	„	1892, Bd. 8, S. 175.	„	1893, Bd. 8, S. 140.
„ 485	„ 35		„	verwandschaftlicher	„	verwandtschaftlicher
„ 534	„ 8	v. unten	„	*Cephalosthea*	„	*Cephalotheca*
„ 536	„ 30	v. unten	„	*Endomyces*, 461	„	*Endomyces*, 145, 461
„ 549	„ 20	v. unten	„	*Penicillopsis*	„	*Penicilliopsis*

Zum Fünften Band.

Seite	Zeile			anstatt		lies
Seite 3	Zeile 15		anstatt	glykosidspaltenden	lies	glycosidspaltenden
„ 3	„ 21		„	Glykoside	„	Glycoside
„ 8	„ 42		„	Jahre 1901.	„	Jahre 1891.
„ 24	„ 32		„	*Bac. dentriticus*	„	*Bac. dendriticus*
„ 34	„ 20 u. 25		„	Stockflecken	„	Stockflecke
„ 40	„ 29		„	Wallnüssen	„	Walnüssen
„ 44	„ 27		„	*Gleosporium*	„	*Gloeosporium*
„ 57	„ 2		„	und ebenso, wie	„	und, ebenso wie
„ 123	„ 7		„	Brauerei	„	Brennerei
„ 131	„ 34		„	-KOOLMANN	„	-KOOLMAN
„ 132	„ 17	v. unten	„	Koolmann	„	Koolman
„ 133	„ 6	v. oben	„	*Heinzelmann, G., . . . S. 306.	„	*Heinzelmann, R., . . . S. 307.
„ 138	„ 15		„	Prodkt	„	Produkt
„ 163	„ 32		„	CHRZACZSZ	„	CHRZASZCZ
„ 197	„ 1	v. unten	„	Chrczaczsz	„	Chrzaszcz
„ 222	„ 41 u. 42		„	den *Pediococcus*	„	Spaltpilze
„ 229	„ 22		„	(s S. 157)	„	(s. S. 187)
„ 233	„ 53		„	°05	„	50°.
„ 257	„ 13	v. unten	„	Tokio, 1894, Bd. 19,	„	Tokio, 1904, Bd. 19,
„ 258	Fußnote		„	§§ 67 69 von	„	§§ 67—69 von
„ 285	Zeile 5	v. unten	„	Spiridusindustrie	„	Spiritusindustrie
„ 305	„ 3		„	(s. S. 283)	„	(s. S. 282)
„ 315	„ 46		„	Erhebungan	„	Erhebungen
„ 331	„ 6		„	SAITO's (1)	„	SAITO's (3)
„ 344	„ 46		„	Charentes	„	Charente
„ 384	„ 39		„	R. KAISER (1)	„	R. KAYSER (1)
„ 385	„ 13		„	R. KAISER (1)	„	R. KAYSER (1)
„ 385	„ 50		„	ANDOYNAUD (1)	„	AUDOYNAUD (1)
„ 394	„ 35		„	nnd	„	und
„ 398	„ 11		„	anszeichnen.	„	auszeichnen.
„ 399	„ 32		„	Behandlung	„	handlung
„ 416	„ 10		„	500 g	„	1500 g
„ 429	„ 6		„	Traubensäften.	„	Beerensäften.
„ 429	„ 23		„	Freisa	„	Fresia
„ 490	„ 10	v. oben	„	Audoynaud, M. A.,	„	Audoynaud, A.,

Abkürzungen
der Zeitschriftentitel in den Literatur-Nachweisen.

Ann. de chim. et de phys. = Annales de chimie et de physique.
Ann. de microgr. = Annales de micrographie.
Ann. Pasteur = Annales de l'Institut Pasteur (Paris).
Arb. Kais. Ges.-Amt = Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte in Berlin.
Arch. d. Anat. und Phys. = Archiv der Anatomie und Physiologie. Physiolog. Abt. (Du Bois-Reymond).
Arch. f. Hyg. = Archiv für Hygiene.
Beitr. z. Biol. d. Pflanz. = Beiträge zur Biologie der Pflanzen (Cohn).
Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. = Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft.
Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. = Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.
Biedermanns Centralbl. = Centralblatt für Agrikulturchemie (Biedermann).
Bot. Ztg. = Botanische Zeitung.
Centralbl. f. Bakt. = Centralblatt für Bakteriologie.
Chem.-Ztg. = Chemiker-Zeitung (Cöthen).
Comptes rend. de l'Ac. = Comptes rendus de l'Académie des sciences (Paris).
Comptes rendus de Carlsberg = Comptes rendus des travaux du laboratoire de Carlsberg, Kopenhagen.
Dinglers Journ. = Dinglers polytechnisches Journal.
Hyg. Rundsch. = Hygienische Rundschau.
Jahrb. wiss. Bot. = Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik (Pringsheim).
J. federated Inst. Brewing = Journal of the Federated Institutes of Brewing.
J. f. Landwirtschaft = Journal für Landwirtschaft.
J. f. prakt. Chem. = Journal für praktische Chemie.
Kochs Jahresb. = Kochs Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den Gärungsorganismen.
Landw. Jahrbücher = Landwirtschaftliche Jahrbücher (Berlin).
Landw. Jahrb. d. Schweiz = Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz.
Landw. Versuchsstationen = Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen (Nobbe).
Liebigs Ann. = Annalen der Chemie und Pharmacie (Liebig).
Milchztg. = Milchzeitung.
Mitt. Kais. Ges.-Amt = Mitteilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte.
Monatsh. f. Chem. = Monatshefte für Chemie (Wien).
Pflügers Archiv = Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie.
Poggendorffs Ann. = Annalen der Physik und Chemie (Poggendorff).
Virchows Archiv = Archiv für pathologische Anatomie (Virchow).
W. f. Brauerei = Wochenschrift für Brauerei.
Z. f. Biologie = Zeitschrift f. Biologie.
Z. f. d. ges. Brauwesen = Zeitschrift für das gesamte Brauwesen (München).
Z. f. Hyg. = Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten.
Z. f. Nahrungsmittel-Unters. etc. = Zeitschrift für Nahrungsmittel-Untersuchung und Hygiene (Wien).
Z. f. Pflanzenkrankheiten = Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten.
Z. f. physiolog. Chemie = Zeitschrift für physiologische Chemie.
Z. f. Spiritusindustrie = Zeitschrift für Spiritusindustrie.
Z. f. wiss. Mikroskopie = Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie.

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.





